Der Einfluss der Temperatur auf den Phototropismus

von

MARIE S. DE VRIES.

EINLEITUNG.

§ 1. Der Einfluss der Temperatur auf physiologische Prozesse.

In der älteren botanischen Literatur findet man mehrere Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf physiologische Prozesse. Bekanntlich wurden stets drei Hauptpunkte des Einflusses der Temperatur gefunden: das Minimum, das Optimum und das Maximum.

In 1905 erschien eine Arbeit von Blackman [1]): „Optima and limiting factors", in welcher nachgewiesen wurde, das Optimum sei nicht als absoluter Wert zu betrachten.

Blackman ist der Meinung, dass physiologische Prozesse mit chemischen Prozessen verknüpft seien [2]). Indem bei chemischen Prozessen die Reaktionsgeschwindigkeit bei jeder Temperatursteigung von 10° gewöhnlich zwei

[1]) F. F. Blackman 1905.

[2]) Für eine ausführliche Auseinandersetzung der Meinung Blackman's sei hingewiesen auf die genannte Abhandlung und auf die Einleitungen der Arbeiten Kuyper's und Rutgers'.

bis drei Mal zunimmt, soll, wenn ein physiologischer Prozess mit einem chemischen vergleichbar ist, diese Regel auch da zutreffen. Das stimmt, aber bei den von Blackman besprochenen Lebenserscheinungen nur für Temperaturen von 0° bis etwa 25° C. Dass diese Regel von van 't Hoff oberhalb 25° C. nicht mehr zutrifft, wird nach Blackman von dem Zeitfaktor verursacht. Wenn man bei hohen Temperaturen die Reaktionsgeschwindigkeit nach einer unendlich kleinen Zeit bestimmen könnte, würde die Regel von van 't Hoff seiner Meinung nach auch für hohe Temperaturen gültig sein.

Durch Extrapolation aus einer Reihe von Zahlen, welche aufeinander folgenden Zeiten der Beobachtung entsprechen, kommt Blackman zu der Reaktionsgeschwindigkeit für eine unendlich kurze Zeit der Beobachtung. Wenn er diese, durch Extrapolation berechneten Zahlen vergleicht mit den durch Berücksichtigung der Temperatur-Koëffizienten gefundenen, so stimmen sie.

Aus den Arbeiten von Kuyper[1]) und Rutgers[2]) hat sich ergeben, dass die Theorie von Blackman für die Atmung der höheren Pflanzen und für die Präsentationszeit beim Geotropismus im grossen Ganzen zutrifft.

Der Zweck meiner Arbeit war, im Anschluss an die Untersuchungen von Rutgers, zu entscheiden, ob die Theorie von Blackman auch für den Phototropismus gilt, und ob der Phototropismus genau so, oder in anderer Weise, von der Temperatur beeinflusst wird, wie der Geotropismus.

Im Laufe der Untersuchungen haben sich aber die Ansichten über die Theorie von Blackman etwas geändert.

Cohen Stuart[3]) hat in einer theoretischen Abhand-

1) J. Kuyper; 1910.
2) A. A. L. Rutgers; 1912.
3) C. P. Cohen Stuart; 1912.

lung gezeigt, dass man die Zahlen für eine unendlich kurze Zeit der Beobachtung nicht durch Extrapolation bekommen könne. Blackman nahm an, die Temperatur-Koëffizienten seien konstant, und er konnte in dieser Weise nach einer berechneten Kurve extrapolieren. Diese Temperatur-Koëffizienten sind aber nicht konstant und nehmen bei höheren Temperaturen ab, was auch bei rein chemischen Reaktionen der Fall ist. Indem man also nicht weiss, nach welcher Kurve man extrapolieren soll, kann man die theoretische Kurve für eine unendlich kurze Zeit der Beobachtung nicht konstruieren [1]).

Die Theorie von Blackman ist also augenblicklich nicht zu beweisen, wohl aber wahrscheinlich zu machen, was für den Phototropismus, wie wir sehen werden, sehr gut möglich ist.

Dem Ergebnis der Arbeiten von Kuyper und Rutgers, wonach die Theorie von Blackman für die untersuchten Prozesse zutrifft, steht das Resultat einer Arbeit von Fräulein van Amstel [2]) über den Einfluss der Temperatur auf physiologische Prozesse der Alkoholhefe gegenüber. Ihrer Meinung nach ist das Temperaturoptimum nicht sekundär, sondern primär. Wenn man bei verschiedenen Temperaturen die Anfangsgeschwindigkeit der Reaktion von einigen Lebensprozessen der Alkoholhefe nach einer unendlich kurzen Zeit des Vorwärmens bestimmen könnte,

---

[1]) Die ausführliche Auseinandersetzung wolle man in der Arbeit Cohen Stuart's nachlesen. Ich möchte hier nur zwei Sätze zitieren:
S. 1172: „Blackman's theory, which is thus deprived of its „chemical curve" and its extrapolation method, is at present not susceptible of proof."
S. 1171: „. . . . . only the validity of Blackman's theory cannot at present be proved. If the true curve were known . . . ., then, and then only, something might be attained by extrapolating. Meanwhile one can only adduce grounds of probability."

[2]) J. E. van Amstel, 1912.

würde man eine Optimumkurve bekommen. Ich werde später, bei der Besprechung der Resultate hierauf zurückkommen.

Literatur über den Einfluss der Temperatur auf den Phototropismus. In der Literatur ist wenig über den Einfluss der Temperatur auf den Phototropismus zu finden. Nur in einem Abschnitt einer Arbeit Fitting's[1]) findet man Versuche über das Aufhören der phototropischen Reizleitung bei Keimlingen von Avena sativa bei 39° bis 41° C. Fitting fasst die Resultate folgender Weise zusammen: „Die Versuche lehren, dass die phototropische Reizleitung durchschnittlich völlig gehemmt wird bei einer Temperatur von etwa 39° bis 41°, dass sie aber schon geschwächt wird von etwa 37° an, während die Tötungstemperatur für die Koleoptile etwa von 43° angegeben sein dürfte."

Im Laufe der Untersuchungen erschien eine Arbeit von Torsten Nybergh:[2]) „Studien über die Einwirkung der Temperatur auf die tropistische Reizbarkeit etiolierter Avena-Keimlinge." Nybergh ist der Meinung, die phototropische Präsentationszeit werde nicht messbar von der Temperatur beeinflusst. Ich werde später noch hierauf zurückkommen.

[1]) H. Fitting; 1907. Abschnitt: Einfluss einiger Aussenbedingungen auf die phototropische Reizleitung bei Avena.

[2]) Torsten Nybergh; 1912.

ERSTES KAPITEL.

Material. Apparat. Aufstellung. Beschreibung der Versuche.

§ 2. Material.

Als Versuchsobject wurden etiolierte Keimlinge von *Avena sativa* gewählt. Die von den Spelzen befreiten Haferkörner kamen während zweier Tage auf feuchtem Filtrirpapier zum Keimen. Das Filtrirpapier lag auf einer Glasplatte zwischen zwei erdenen Schüsseln; in der unteren Schüssel befand sich Wasser; indem Streifen des Papiers hierin hingen, blieb es fortwährend feucht. Nach zwei Tagen war die Keimung soweit gediehen, dass die Körner in Zinkgefässe von 20 × 3 × 3 cm. gepflanzt werden konnten. Aus später anzugebenen Gründen pflanzte ich in jedes Gefäss zwei Reihen von Keimlingen. Die Zinkgefässe wurden in mit schwarzem Tuche bekleidete und abgedeckte Holzkästen gestellt; in zwei Tagen waren die Keimlinge zum Gebrauch fertig; die Länge der Koleoptilen war dann etwa 2,5 cm. Keimlinge, die nicht ganz aufrecht standen oder zu kurz waren, wurden entfernt und die Zahl der Pflanzen in jedem Gefäss wurde, der Bequemlichkeit wegen, auf 20 zurückgebracht.

Das von Blaauw [1]), Rutgers [2]) und Noack [3])

[1]) A. H. Blaauw; 1909.
[2]) A. A. L. Rutgers; 1912.
[3]) K. Noack; 1914.

erwähnte Auswachsen der Hypocotylen war bisweilen beschwerlich. Zur Verhütung dieser Erscheinung war es am Besten die Kästen, in welchen die Gefässe mit Keimlingen standen, oft zu lüften.

Die Pflänzchen wurden im Winter im Gewächshaus gezogen; während der Sommermonate, wenn es im Glashaus zu heiss war, dagegen im Dunkelzimmer des botanischen Instituts. Die Temperatur im Gewächshaus war nicht konstant (ungefähr 20° C.), schwankte um einige Grade. Später absichtlich darüber angestellte Versuche zeigten, dass die Temperatur, bei der die Pflanzen gezogen wurden, so lange diese schwankte zwischen 15° und 25° C., das Resultat der Versuche nicht beeinflusste [1]).

Ursprünglich wurde nur gearbeitet mit einem, auch von früheren Forschern benutzten, *Hafer der Handels*, da ich damals nicht über eine genügende Menge Hafers einer reinen Linie verfügen konnte. Auch Rutgers bemerkte, es wäre vielleicht besser, Hafer einer reinen Linie zu gebrauchen [2]).

Alle in Kapitel II beschriebene Versuche über den Einfluss der Temperatur auf die Perzeption sind mit diesem Hafer gemacht. Später, nach dem Erscheinen der Arbeit Nybergh's habe ich mehrere dieser Versuche noch einmal angestellt mit *„Svalöf's Segerhavre"*, demselben Hafer, den Nybergh benutzte. Vergleichende Untersuchungen mit *Segerhafer* und dem *Handelshafer* zeigten, dass die phototropische Empfindlichkeit des Segerhafers der des Handelshafers gleich ist [3]).

Ebenso zeigten vergleichende Untersuchungen mit *Segerhafer* und *„Svalöf's Goldregnshavre"*, einer anderen reinen Linie, worüber ich später verfügen konnte, dass die

[1]) Siehe hierüber § 9.
[2]) Rutgers; 1912; S. 22.
[3]) M. S. de Vries; 1913.

phototropische Empfindlichkeit dieser beiden reinen Linien dieselbe ist.

Die in Kapitel III beschriebenen Versuche über den Einfluss der Temperatur auf die Reaktionszeit sind alle mit *Goldregnshafer* angestellt.

§ 3. Apparat und Dunkelzimmer.

Alle Versuche wurden im Dunkelzimmer des botanischen Instituts der Universität Utrecht gemacht. Zwischen den Versuchen wurde das Zimmer so oft wie möglich mittels eines electrischen Ventilators bei offenen Türen gelüftet [1]). Die Temperatur des Dunkelzimmers war stets ungefähr 20° C.; im Winter konnte das Zimmer durch einen kleinen Radiator der Zentralheizung erwärmt werden; auch im Sommer blieb die Temperatur ziemlich konstant, da das Zimmer mitten im Institut gelegen ist.

Die Versuchsobjekte, Koleoptilen von *Avena sativa*, wurden in den, auch von Rutgers gebrauchten, Thermostat auf Temperatur gebracht. Eine ausführliche Beschreibung des Apparates ist von Rutgers gegeben [2]); eine kurze Beschreibung wird hier also genügen.

Der Thermostat besteht aus zwei rotkupfernen viereckigen Kästen; der innere Kasten (50 × 30 × 30 cm.) steht frei in dem äusseren (60 × 40 × 40 cm.) und ist ganz von Wasser umgeben. Auf einer „Brücke" im inneren Kasten stehen die Gefässe mit Versuchsobjekten; ein Deckel in der oberen Wand dient zum Öffnen. Der innere Kasten kann nur geöffnet werden, wenn das Wasser so weit gesunken ist, dass der Deckel frei liegt. Das Wasser wird von einer Röhre in einen hölzernen Kasten geführt, welcher um Wärmeverlust zu verhindern als Heukiste eingerichtet ist, und mit Hilfe zweier Rollen an der Zim-

---

1) O. Richter; 1906.
2) Rutgers; 1912; S. 25 bis 30. Abbildung am Ende der Arbeit.

merdecke auf und ab bewogen werden kann. Indem man den Kasten auf und ab bewegt, kann man das Wasser im Thermostat zu- und abfliessen lassen.

Die vorderen Wände der beiden Kästen bestehen aus Glas, damit das Licht in den inneren Kasten einfallen könne. Der Thermostat wird von vier electrischen Lampen erwärmt; von zwei, von einem Electromotor getriebenen Rührapparaten wird das Wasser in Bewegung gebracht. Auch die Regulirung der Temperatur geschieht electrisch, mittels eines Thermoregulators, welcher in einer Stromkette steht mit einem Accumulator und einem Relais, dass, so bald die Temperatur genügend gestiegen ist, den Strom der Erwärmungslampen unterbricht. Die Temperatur bleibt im Apparat auf 0,1° C. konstant, was in Bezug auf die grosse Wassermasse (ungefähr 45 L.) sehr genügend ist.

Die Aufstellung des ganzen Apparates war übrigens genau so, wie bei Rutgers' Versuchen; nur war vor dem Accumulator eine electrische Lampe eingekettet, welche das wiederholte Entladen des Accumulators verhinderte.

Mit Hilfe einer Wasserstrahlluftpumpe konnte während der Versuche reine Luft sofort vom Dach des Laboratoriums durch den Apparat geführt werden.

Temperaturen unterhalb 20° C. bekam ich folgender Weise. Eine Temperatur von 15° C. war im Sommer leicht zu bekommen, wenn das Wasser der Leitung diese Temperatur hatte. Ich brauchte nur den Thermostat mit Wasser der Leitung zu füllen und während des Versuches strömendes Wasser durch den Apparat zu führen. War die Temperatur des Wassers der Leitung nicht 15°, so wurde zum Wasser des Thermostates kleine Stücke Eis gefügt und in dieser Weise die Temperatur auf 15° konstant behalten.

In derselben Weise, mit grösseren Stücken Eis, bekam ich die Temperaturen 10° und 5° C.

Sollte der Apparat auf 0° C. gebracht werden, so wurde der Thermostat soviel wie möglich mit Eis gefüllt; indem ich bisweilen Eis zufügte, blieb die Temperatur 6 Stunden auf 0° C. konstant. Weiter machte ich bei 0° C. Versuche in schmelzendem Schnee. Ein holzerner Kasten wurde zu diesem Zweck zum grössten Teil mit Schnee gefüllt; in den Schnee stellte ich ein gläsernes Gefäss mit Deckel; in das Gefäss wurden die Pflanzen gebracht. Der Kasten wurde mit schwarzem Tuche bedeckt und draussen in den Schee gestellt, oder ins Dunkelzimmer; das Resultat war dasselbe. Die Schwierigkeit dieser Methode, die Pflanzen in einem Kasten mit Schnee abzukühlen, war, dass die Pflanzen, um belichtet zu werden, aus dem Kasten heraus genommen und im Thermostat bei 20° C. gereizt wurden. Dass von diesem Verfahren die Perzeption aber nicht merkbar beeinflusst war, zeigte die gefundene Lichtenergiemenge, welche mit Ausnahme eines Falls, wo ich 170 M. K. S. fand, stets 160 M. K. S. war, also die gleiche Zahl, welche nach Abkühlung im Thermostat mittels Eis (bis 0° C.) gefunden wurde.

Um den Einfluss einer Temperatur unterhalb 0° C. zu beobachten, wurden Versuche bei —2° C. angestellt. Ich setzte die Pflanzen in ein gläsernes Gefäss (mit Deckel), welches in einem zweiten Gefäss stand, das eine Mischung von 20 Teilen Soda auf 100 Teilen Schnee enthielt, welche Mischung genau eine Temperatur von —2° C. hat. Auch hier mussten die Pflanzen nachher im Thermostat belichtet werden.

§ 4. Die Lichtquelle.

Als Lichtquelle diente Gasglühlicht mit hängendem Glühkörper; die Lampe stand ausserhalb des Dunkelzimmers. An eine Öffnung in der Wand des Dunkelzimmers war ein Diaphragma mit einer Platte matt geschliffenen Glases geschraubt; vor dem Diaphragma

stand die Lampe. Innerhalb des Zimmers stand in einiger Entfernung des Diaphragma's der Thermostat; das Licht fiel also bei geöffnetem Diaphragma durch die Glasplatte ins Zimmer, sodann durch die beiden vorderen Glaswände und das Wasser des Thermostates in den inneren Kasten und erreichte so die Pflanzen. Um Reflektion des Lichtes zu verhindern waren die übrigen Wände des inneren Kastens ganz mit schwarzem Papier bedeckt.

Vorversuche lehrten, dass die beiden Glaswände des Thermostates und die Wasserschicht dazwischen $\frac{1}{6}$ des einfallenden Lichtes absorbierten.

Nach mehreren misslungenen Versuchen, den Lichtverfall zu messen, gelang es mir in folgender Weise. Der Thermostat wurde im Dunkelzimmer gleich hinter das Diaphragma aufgestellt, so, dass die vordere Glaswand an dem Diaphragma grenzte. Der Thermostat wurde jetzt beinahe, bis fast an dem oberen Rand des inneren Kastens, mit Wasser gefüllt, und in den inneren Kasten gleich hinter die Glaswand wurde eine electrische Lampe aufgestellt. Ausserhalb des Zimmers stand das Photometer [1]: die Lichtstärke wurde jetzt bestimmt. Dann wurde der Thermostat nach hinten gerückt; die electrische Lampe wurde genau an derselben Stelle, wo sie zuvor im Thermostat gestanden hatte, frei aufgestellt und jetzt in derselben Weise die Lichtstärke bestimmt. Mehrere Bestimmungen mit electrischem Licht und Gasglühlicht zeigten, dass die Lichtstärken in beiden Fällen sich wie 5 zu 6 verhielten, dass also $\frac{1}{6}$ des Lichtes von den Glaswänden und der Wasserschicht absorbiert wurde.

Die Gasglühlichtlampe wurde jetzt ausserhalb des Zimmers vor das Diaphragma gestellt und die Lichtstärke

[1]) Ich möchte an dieser Stelle Herrn Prof. H. Snellen, der so freundlich war, ein Photometer von Weber zu meiner Verfügung zu stellen, meinen Dank bringen.

bestimmt. Ich wählte eine bestimmte Öffnungsgrösse des Diaphragma's und mass die Belichtungsstärke innerhalb des Zimmers an derselben Stelle, wo später, im Thermostat, sich die Pflanzen befinden würden. Um die Lichtstärke im Thermostat zu erhalten, wurde die gefundene Zahl mit $\frac{5}{6}$ multipliziert.

Der Quotient des direkten Lampenlichtes und des von der Glasplatte ausgestrahlten Lichtes wurde bestimmt und nachher konnten Änderungen der Belichtungsstärke innerhalb des Thermostates berechnet werden aus Bestimmungen des direkten Lampenlichtes. Das Photometer stand stets ausserhalb des Zimmers auf die Lampe gerichtet.

Im Laufe der Untersuchungen wurde noch einige Male die Lichtstärke im Zimmer kontrolliert.

§ 5. Die Aufstellung der Versuchsobjekte.

Auf der „Brücke" im Thermostat konnten 5 Zinkgefässe mit Pflanzen stehen; mindestens 5 Gefässe konnten also zugleich auf Temperatur gebracht werden. Übrigens stellte ich oft noch einige Gefässe auf den Boden des inneren Kastens. Meistens wurden 1 bis 3 Gefässe zugleich belichtet; die anderen im Apparat stehenden Gefässe waren dann bedeckt mit schwarzen Käppchen, welche, nachdem die schon belichteten Gefässe aus den Apparat genommen waren, der Reihe nach fortgenommen wurden.

Um den, von dem Lichtverfall im Apparat verursachten Fehler bis zur Hälfte zu reduzieren, wurden stets zwei Reihen von Keimlingen in ein Gefäss gepflanzt.

Die Aufstellung der Pflanzen geschah stets bei dem roten Licht einer Photographierlampe, welche keine phototropischen Krümmungen induzierte.

§ 6. Beschreibung der Versuche.

Bestimmung der Lichtenergiemenge, welche eine Krümmung bestimmter Grösse der Koleoptilen veranlässt.

Um die phototropische Empfindlichkeit bei verschiedenen Temperaturen zu vergleichen, arbeitete ich mit einer konstanten Krümmung der Koleoptilen.

Eine makroskopisch gut sichtbare Krümmung der Spitze einer Koleoptile wird nach Blaauw[1]) von etwa 20 M. K. S.[2]) verursacht.

Wie Untersuchungen von Arisz[3]) gelehrt haben, gehört zu jeder Lichtenergiemenge eine maximale Krümmung bestimmter Grösse und eine bestimmte Krümmungszeit.

Es war also für meine Versuche nötig, eine bestimmte Krümmung der Koleoptile als Mass zu wählen. Nach einigen Vorversuchen wählte ich eine Krümmung von 1,5 mm., d. h. bei einer gekrümmten Koleoptile war die Entfernung der Vertikale, in der Mitte über die Koleoptile gezogen, bis zur Spitze 1,5 mm. Diese Krümmung wird bei 20° C. von 20 M. K. S. verursacht. Indem das Produkt aus Zeit und Intensität, welche einer Krümmung bestimmter Grösse entsprechen, stets dieselbe Grösse hat, ist es gleichgültig, wie gross man die Lichtstärke nimmt.

Die Krümmung von 1,5 mm. war bei 20° C. nach 1½ Stunde zu sehen; früher schon ist Krümmung der Spitze zu beobachten, aber das Maximum, 1,5 mm., wird erst nach 1½ Stunde erreicht.

Die Bestimmung der Lichtenergiemenge, welche eine Krümmung von 1,5 mm. verursacht, geschah in folgender Weise: einige Zinkgefässe mit Keimlingen wurden im Thermostat bei der zu untersuchenden Temperatur nach einer bestimmten Zeit des Vorwärmens kürzer oder länger belichtet und nach der Reizung bei 20° C. gebracht. Nach 1½ Stunde wurde untersucht, wieviele Pflanzen

[1]) A. H. Blaauw; 1909.
[2]) Meter-Kerzen-Sekunden.
[3]) W. H. Arisz; 1911,

in einem Gefäss sich 1,5 mm. gekrümmt hatten [1]. Jedes Gefäss enthielt 20 Pflanzen. Wenn 10 Pflanzen eines Gefässes, also 50 Prozent, sich 1,5 mm. gekrümmt hatten, wurde die dazu gehörende Belichtungszeit als Präsentationszeit der Krümmung angenommen. Das Produkt aus Präsentationszeit und Lichtstärke gab die gesuchte Lichtenergiemenge [2].

Bei Reizung über die Präsentationszeit hinaus zeigten mehr als 50 Prozent der Pflanzen eine Krümmung von 1,5 mm., welche Krümmung, wenigstens bei den vorderen Pflanzen in einem Gefäss noch etwas weiter gehen konnte. Bei Reizung unter der Präsentationszeit hatten sich weniger als 50 Prozent der Pflanzen 1,5 mm. gekrümmt.

Jede Bestimmung der Präsentationszeit ist der durchschnittliche Wert von einigen, meistens 4 oder 5, Bestimmungen. Die gefundenen Zahlen sind am Ende dieser Arbeit in Tabellen zusammengestellt.

Wie gesagt, wurden die Pflanzen gleich nach der Reizung aus dem Thermostat genommen und in den mit schwarzem Tuche bekleideten Kasten gestellt. Die Temperatur des Dunkelzimmers war stets 20° C.; die Reaktion ging also stets bei 20° C. vor [3].

Die Krümmung der Koleoptilen wurde stets bei dem roten Lichte einer Sachs'schen Glocke mit Saffraninlösung beobachtet.

[1] Wenn die Krümmung sich nach 1½ Stunde noch nicht zeigte, wurde so lange beobachtet, bis die Krümmung von 1,5 mm. erreicht war.

[2] Mit Präsentationszeit wird hier nur gemeint die Reizungsdauer, welche bei 50 Prozent der Pflanzen eines Gefässes die Krümmung von 1,5 mm. veranlasst.

[3] Nur zu den in Kap. III beschriebenen Versuchen (über den Einfluss der Temperatur auf die Reaktionszeit) fand die Reaktion bei derselben Temperatur wie die Perzeption statt.

Ich machte drei Reihen von Versuchen:

1⁰. über den Einfluss der Temperatur auf die Perzeption (Kap. II; erster Teil);

2⁰. über den Einfluss eines vorangehenden Aufenthalts bei hoher Temperatur auf die Perzeption bei 20° (Kap. II; zweiter Teil);

3⁰. über den Einfluss der Temperatur auf die Reaktionszeit (Kap. III).

§ 7. Dauer des Vorwärmens.

Das Minimum der Zeit des Vorwärmens war eine Stunde; eine kürzere Zeit erwies sich als nicht genügend [1]). Rutgers [2]) sagt darüber: „One hour's preliminary warming was taken as a minimum, as on account of the construction of the thermostat, the vessel with mould only acquired a constant temperature after that time. At the same time it was verified by several thermo-electrical determinations, that this time of preliminary warming was necessary and sufficient."

Nachdem die zu einer Stunde langem Vorwärmen gehörende Energiemenge gefunden war, wurden Beobachtungen nach 2 Stunden, 4 Stunden, 6 Stunden und 18 Stunden langem Vorwärmen gemacht, um zu sehen, ob die Perzeption von der Dauer des Vorwärmens beeinflusst würde.

Ich untersuchte den Einfluss der Temperatur auf den Phototropismus zwischen 0° und 40° C.; oberhalb 40° C. wurden keine Versuche gemacht, war doch die Energiemenge nach einer Stunde langem Vorwärmen bei 40° fast nicht mehr zu bestimmen.

1) Mit Ausnahme der Temperaturen von 20°, 38° und 39° war die Zeit der Vorwärmens niemals kürzer als eine Stunde; bei 38° und 39° hatte die Erde im Gefäss nach $\frac{3}{4}$ Stunde eben diese Temperatur erreicht. (Siehe Kap. II § 13).

2) Rutgers; 1912. S. 16.

Von 0° bis 25° wurden die verschiedenen Temperaturen untersucht, mit 5° steigend; oberhalb 25° C. war es nötig, mehrere Beobachtungen zu machen.

§ 8. Fehlerquellen.

Die grösste Fehlerquelle war wohl der Lichtverfall im Thermostat. Wie früher schon bemerkt wurde, pflanzte ich, um diesen Fehler bis zur Hälfte zu reduzieren, in jedem Gefäss die Pflanzen in zwei Reihen. Weiter wurde die Präsentationszeit stets bestimmt aus den durchschnittlichen Wert mehrerer Versuche. Der grösste Fehler war, bei dieser Weise von Arbeiten, 5 Prozent nach beiden Seiten, wie unterstehendes Beispiel, ein Teil der Tabelle der Versuche bei 30° C. nach einem vier Stunden langen Vorwärmen, zeigt.

Datum.	Belichtungszeit.	Anzahl der benutzten Pflanzen.	Anzahl der gekrümmten Pflanzen.	Proz. der gekr. Pflanzen.
17 I '12	4″	20	10	
19 I '12	4″	20	10	
19 I '12	4″	20	9	50
21 I '12	4″	20	10	
21 I '12	4″	20	11	

Von Rutgers wurde die individuelle Variabilität als wichtige Fehlerquelle genannt [1]). Diese Variabilität hat mir aber wenig Mühe gemacht, vielleicht weil mit Koleoptilen vollkommen gleicher Grösse gearbeitet wurde.

Um von starken Nutationen verursachte Fehler zu vermeiden, folgte ich dem Beispiel Rutgers', die Pflanzen senkrecht auf die Richtung der stärksten Nutation, oder, was auf Eins heraus kommt, senkrecht auf die Längeachse

[1]) Rutgers; 1912 S. 32.

der Körner zu reizen [1]). Die Haferkörner waren dazu in den Gefässen parallel zu einander gepflanzt.

Unreinheit der Luft des Dunkelzimmers [2]) wurde soviel wie möglich vermieden, indem das Zimmer zwischen den Versuchen gelüftet wurde. Wie schon gesagt, wurde während der Versuche reine Luft durch den Apparat geführt. Übrigens wurde im Zimmer nur electrisches Licht benutzt.

§ 9. Einfluss der Temperatur, bei welcher die Pflänzchen gezogen wurden, auf die Perzeption.

Um zu untersuchen, ob Kultur der Pflanzen bei einer konstanten Temperatur Einfluss auf die Perzeption hatte, stellte ich absichtlich darüber einige Versuche an.

Mit Hilfe eines Thermostates gelang es leicht, die Pflanzen bei konstanter Temperatur zu ziehen. Der Grund, wesshalb ich die Pflanzen sonst im Gewächshaus zog und nicht im Thermostat bei konstanter Temperatur, war, dass der Thermostat keine genügende Menge des Materials enthalten konnte.

Ich legte die, von den Spelzen befreiten, Haferkörner in kleine gläserne Gefässe auf feuchtes Filtrirpapier und stellte diese Gefässe in den Thermostat. Die Keimung der Haferkörner ging also ganz bei konstanter Temperatur vor. Nachdem die Keimlinge sich genügend entwickelt hatten, wurden sie in die Zinkgefässe gepflanzt und diese sogleich in den Thermostat gebracht. Zu gleicher Zeit konnten sechs bis acht Zinkgefässe und zwei gläserne Gefässe mit keimenden Haferkörnern im Thermostat stehen. Hatten die Keimlinge die gewünschte Länge erreicht, dann

1) Rutgers; 1912 S 36.
2) O. Richter; 1906.

wurden sie nach einer bestimmten Zeit des Vorwärmens bei der zu untersuchenden Temperatur gereizt und die Präsentationszeit bestimmt.

Es zeigte sich. dass Kultur bei 15°, 20° und 25° C. keinen Einfluss hatte auf die Präsentationszeit bei verschiedenen Temperaturen, was aus der unterstehenden Tabelle hervorgeht. Der einzige Unterschied war, dass die Keimlinge bei 15° viel langsamer wuchsen als bei 20° und 25°; auch waren die Koleoptilen etwas dicker. Zuletzt habe ich versucht, die Pflänzchen bei 30° zu ziehen, allein die Keimlinge wurden so lang und dünn, dass sie nicht zu den Versuchen zu gebrauchen waren. Auch schon bei 25° waren die Keimlinge nicht so schön gewachsen wie bei 15° und 20°.

Tabelle.

Temperatur, bei welcher gezogen wurde.	Dauer des Vorwärmens.	Präsentationszeit.	Belichtungsstärke.	Lichtenergiemenge.
15° C.	1 Stunde bei 15°	98″	0,25 M.K.	24,5 M.K.S.
	1 „ „ 20°	80″	0,25 M.K.	20 M.K.S.
	1 „ „ 25°	40″	0,25 M.K.	10 M.K.S.
	1 „ „ 30°	32″	0,25 M.K.	8 M.K.S.
20° C.	1 Stunde bei 15°	98″	0,25 M.K.	24,5 M.K.S.
	1 „ „ 20°	80″	0,25 M.K.	20 M.K.S.
	1 „ „ 25°	38″	0,25 M.K.	9,5 M.K.S.
	1 „ „ 30°	32″	0,25 M.K.	8 M.K.S.
25° C.	1 Stunde bei 15°	98″	0,25 M.K.	24,5 M.K.S.
	1 „ „ 20°	80″	0,25 M.K.	20 M.K.S.
	1 „ „ 25°	38″	0;25 M.K.	9,5 M.K.S.
	1 „ „ 30°	32″	0,25 M.K.	8 M.K.S.

Aus der Tafel geht hervor, dass es gleichgültig ist, ob

die Keimlinge bei 15°, 20° und 25° gezogen wurden; ich fand stets dieselbe Energiemenge nach einer Stunde langem Vorwärmen bei 15°, 20°, 25° und 30°. Die Kultur der Pflanzen im Gewächshaus bei zwischen 15° und 25° schwankender Temperatur hat also keinen Einfluss auf die Perzeption nach einer Stunde langem Vorwärmen.

ZWEITES KAPITEL.

Der Einfluss der Temperatur auf die Perzeption.

Erster Teil.

§ 10. Die Energiemengen, welche bei verschiedenen Temperaturen eine Krümmung von 1.5 mm. induzieren.

Die Methodik ist schon im vorigen Kapitel beschrieben; ich brauche hier also nur die Resultate der Versuche bei verschiedenen Temperaturen zu geben.

Bei jeder zu untersuchenden Temperatur reizte ich die Pflanzen zuerst mit einer beliebigen Lichtenergiemenge; aus der Stärke der Krümmung der Koleoptilen wurde gefolgert, ob es nötig sei kürzer oder länger zu reizen. Dann wurden mehrere Gefässe während verschiedener Anzahlen von Sekunden belichtet, bis die Zahl der 1.5 mm. gekrümmten zeigte, dass die Reizungsdauer sich der Präsentationszeit näherte. Die Präsentationszeit wurde nunmehr bestimmt als mittlerer Wert einiger Versuche.

War die zu einer Stunde langem Vorwärmen gehörende Lichtenergiemenge gefunden, dann wurde nach zwei Stunden Aufenthalt bei derselben Temperatur gereizt und beobachtet, ob dieselbe Energiemenge zur Auslösung einer Krümmung von 1.5 mm. genügte. War dies der Fall, so machte ich noch einige Beobachtungen nach mehr als zwei Stunden langem Vorwärmen, um fest zu stellen, ob die Lichtmenge stets konstant blieb. War dies nicht der

14*

Fall, dann wurde zuerst nach zwei Stunden langem Vorwärmen und dann nach längerem Aufenthalt bei der zu untersuchenden Temperatur die Präsentationszeit bestimmt. Womöglich wurde dies so weit fortgesetzt, bis die Energiemenge schliesslich konstant blieb.

Als Beispiel eines Versuchs mag die Bestimmung der Präsentationszeit nach zwei Stunden langem Vorwärmen bei 32.5° C. dienen.

Nach zwei Stunden langem Vorwärmen.
32.5° C.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der benutzten Pflanzen.	Zahl der gekrümmten Pflanzen.	Prozent der gekr. Pfl.
18 III '12	7″	20	5	25
18 III '12	9″	20	6	30
18 III '12	12″	20	8	40
19 III '12	12″	20	8	
19 III '12	13″	20	9	45
19 III '12	13″	20	9	
18 III '12	15″	20	10	50
19 III '12	15″	20	10	
19 III '12	15″	20	10	
19 III '12	15″	20	10	
19 III '12	17″	20	11	55
19 III '12	17″	20	11	
19 III '12	30″	20	17	85

Präsentationszeit: 15″. Lichtstärke: 0.8 M. K. Lichtenergie: 12 M. K. S.

Nach einigen, zur Orientierung dienenden, Versuchen wurden die Beobachtungen bei Temperaturen, um 5° steigend, gemacht. Zwischen 0° und 25° C. genügte das, oberhalb 25° waren mehrere Beobachtungen erwünscht.

Ursprünglich war 40° die höchste Temperatur, bei welcher gearbeitet wurde. Schon nach einer Stunde langem Vorwärmen bei 40° war die Präsentationszeit fast nicht mehr zu bestimmen, was wohl von der schon von Fitting [1]) beobachteten Hemmung der Reizleitung bei dieser Temperatur verursacht sein dürfte. Nach längerem Aufenthalt bei 40° zeigten sich gar keine Krümmungen mehr. Bei 43° starben die Pflanzen [2]).

Zwischen 0° und 25° C. hatte die Dauer des Vorwärmens keinen Einfluss auf die Perzeption; die gefundene Lichtmenge blieb bei diesen Temperaturen konstant.

Bei — 2° C. war die Energiemenge, welche eine Krümmung von 1,5 mm. veranlasste, 200 M. K. S.; bei 0° C. 160 M. K. S. Nach dem Aufenthalt bei — 2° C. und 0° C. war die Reaktionszeit (bei 20° C.) nicht 1½ Stunde, sondern 2 Stunden, was wohl einer Nachwirkung der niedrigen Temperaturen zuzuschreiben ist.

Bei 5° C. war die gefundene Lichtmenge stets 70,5 M. K. S.; bei 10° C. 52,5 M. K. S.; bei 15° C. 24,5 M. K. S.; bei 20° C. 20 M. K. S.; bei 25° C. 9,5 M. K. S.

Bis 25° C. ist die Energiemenge also geringer, je höher die Temperatur.

Oberhalb 25° C. blieb die Energiemenge bei längerem Vorwärmen nicht mehr konstant.

Bei 27,5° und 30° C. zeigte sich ein günstiger

[1]) H. Fitting; 1907.

[2]) Das oben gesagte bezieht sich auf den benutzten *Handelshafer*. Später zeigte es sich, dass der *Segerhafer* eine Temperatur von 43° ertragen konnte und erst bei 47° starb. Allein, auch dieser Hafer reagierte nach mehreren Stunden langem Vorwärmen nicht mehr.

Einfluss längeres Vorwärmens auf die Perzeption, d. h. nach mehrstündigem Aufenthalt bei diesen Temperaturen war die Lichtenergiemenge, welche eine Krümmung von 1,5 mm. veranlasste, geringer als nach einer Stunde langem Vorwärmen. Dieser günstige Einfluss war im Anfang am Grössten, nahm später ab, bis schliesslich, nach 12 Stunden des Vorwärmens die Lichtenergiemenge konstant blieb.

Nach längerem Aufenthalt bei 32,5° C. zeigte sich zum ersten Male ein ungünstiger Einfluss auf die Perzeption; d. h. die Krümmung von 1,5 mm. wurde nach längerem Vorwärmen von einer grösseren Lichtenergiemenge veranlasst als nach kürzerem. Auch dieser ungünstige Einfluss war im Anfang am Grössten, nahm später ab, bis schiesslich die Lichtenergiemenge konstant blieb.

Bei Temperaturen oberhalb 32,5° C. zeigte sich stets dieser ungünstige Einfluss, um so stärker, je höher die Temperatur.

Werden die zu den Versuchen bei 25° bis 35° C. gefundenen Lichtenergiemengen in ein Koördinatensystem eingetragen und als Abszissen die Zeiten des Vorwärmens, als Ordinaten die Lichtenergiemengen genommen, so bekommt man die Figur 1.

Es zeigt sich, dass bei 25° C. die Lichtenergiemenge konstant ist; bei 27,5° und 30° C. hat längeres Vorwärmen einen günstigen Einfluss auf die Perzeption, welcher günstige Einfluss im Anfang am Grössten ist, später abnimmt, bis schliesslich die Kurve horizontal läuft.

Bei 31° C. bleibt die Lichtenergiemenge wieder konstant; es liegt hier also ein Wendepunkt zwischen den günstigen und den ungünstigen Einfluss längeres Vorwärmens.

Bei 32,5° und 35° C. findet man einen ungünstigen

Einfluss nach längerem Vorwärmen; der ungünstige Einfluss ist im Anfang am Grössten, nimmt dann ab, bis

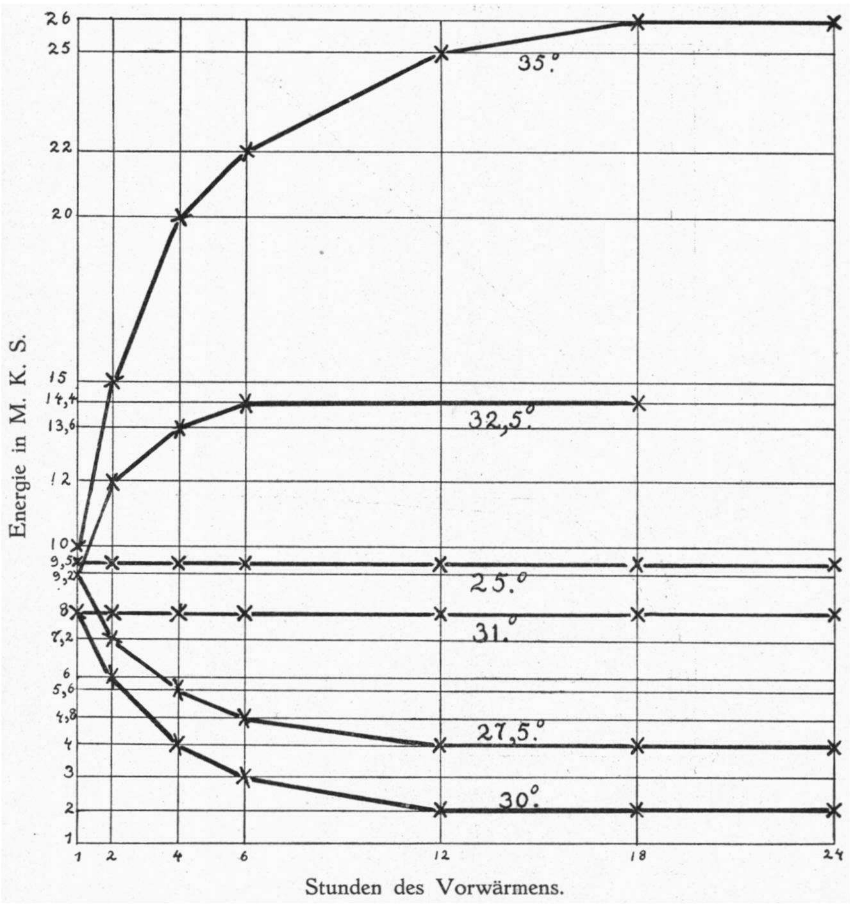


Fig. 1.
Lichtenergiemengen bei 25° bis 35° C.

die Kurve nach 6 Stunden bei 32,5° und nach 18 Stunden bei 35° C. horizontal läuft.

Fig. 2, in 5 Mal kleinerem Massstab angefertigt wie

Fig. 1, zeigt der ungünstige Einfluss längeres Vorwärmens bei 37° und 37,5° C.

Auch hier ist der ungünstige Einfluss im Anfang am

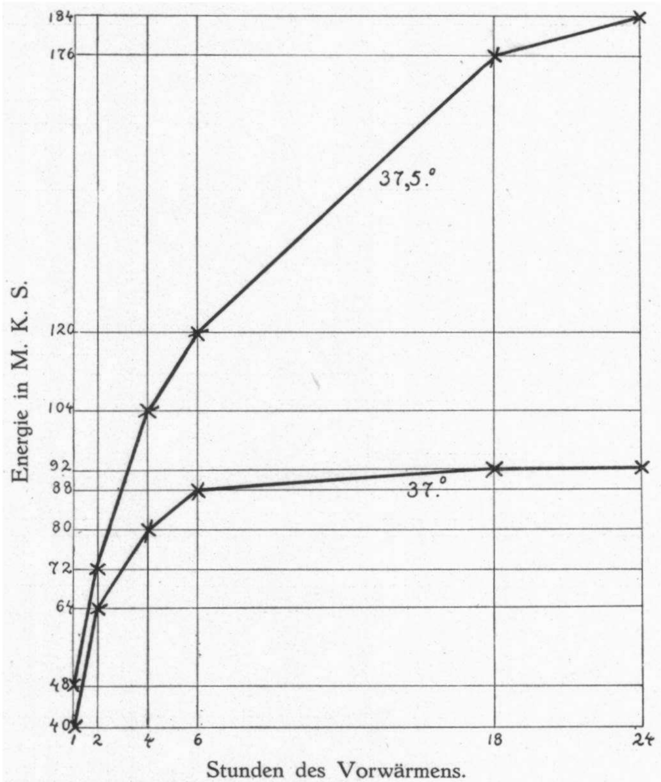


Fig. 2. [1])

Lichtenergiemengen bei 37° und 37,5° C.

Grössten; schliesslich wenden die Kurven sich und laufen horizontal weiter.

Fig. 3 zeigt die zu einer Temperatur von 38° und 39° C. gehörende Kurven.

[1]) In 5 Mal kleinerem Massstab angefertigt wie Fig. 1.

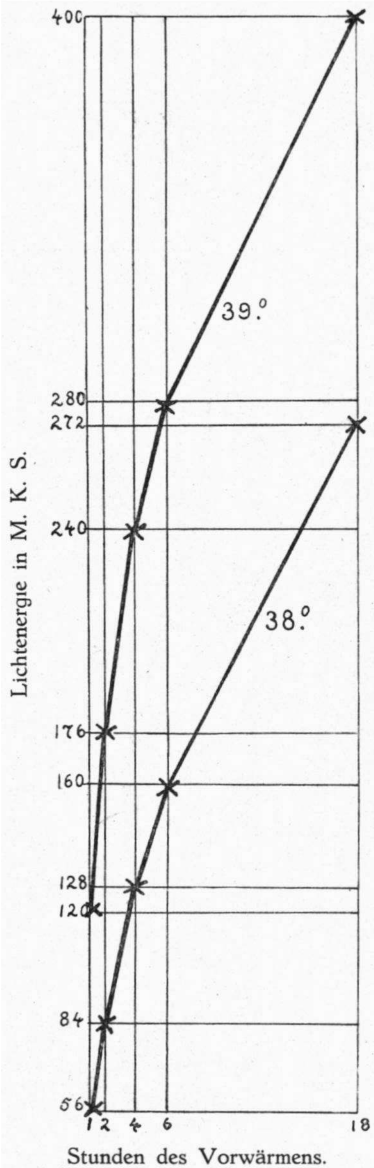


Fig. 3. [1])
Lichtenergiemengen bei 38° und 39° C.

Bei 38° und 39° ist zwar, wie bei 32,5° bis 37,5° der ungünstige Einfluss im Anfang am Grössten, allein es war hier nicht möglich, die Versuche so lange fortzusetzen, bis die Lichtenergiemenge konstant blieb.

Bei 40° C. war es, wie oben gesagt, nur möglich die Energiemenge nach einer Stunde langem Vorwärmen zu bestimmen.

Die Bestimmungen der Präsentationszeiten und der Energiemengen, welche bei verschiedenen Temperaturen nach kürzerem oder längerem Vorwärmen eine Krümmung von 1,5 mm. veranlassen, findet man in den Tabellen, am Ende dieser Arbeit.

§ 11. Zusammenfassung der Resultate.

Die unterstehende Tabelle gibt eine Übersicht der gefundenen Lichtenergiemengen; für jede Temperatur sind die Energiemengen nach einer Stunde und mehreren Stunden langem Vorwärmen angegeben.

[1]) In 10 Mal kleinerem Massstab angefertigt wie Fig. 1.

Tabelle.

Temperatur.	nach 1 Stunde vorwärmen.	nach 2 St.	nach 4 St.	nach 6 St.	nach 12 St.	nach 18 St.	nach 24 St.	nach 48 St.
—2°	200	200						
0°	160	160	160	160				
5°	70,5	70,5	70,5	70,5				
10°	52,5	52,5	52,5	52,5				
15°	24,5	24,5	24,5	24,5		24,5		24,5
20°	20	20	20	20		20		
25°	9,5	9,5	9,5	9,5		9,5		
27,5°	9,2	7,2	5,6	4,8	4	4	4	
30°	8	6	4	3	2	2	2	2
31°	8	8	8	8		8		
32,5°	9,2	12	13,6	14,4		14,4		
35°	10	15	20	22	25	26	26	26
37°	40	64	80	88		92	92	
37,5°	48	72	104	120		176	184	184
38°	56	84	128	160		272	320	
39°	120	176	240	280		400		
40°	1680							

Aus der Tabelle ergibt sich deutlich der grosse Einfluss der Temperatur auf die Perzeption und der grosse Einfluss, welchen die Zeit des Vorwärmens bei höheren Temperaturen auf die Perzeption hat.

In Figur 4 ist die Lichtenergiemenge als Funktion der Temperatur dargestellt. Als Abszissen sind die verschiedenen Temperaturen, als Ordinaten die Energiemengen in M. K. S. eingetragen.

Die von 25° an mit verschiedener Punktierung ange-

gebenen Linien geben die zu verschiedener Dauer des Vorwärmens gehörenden Energiemengen an.

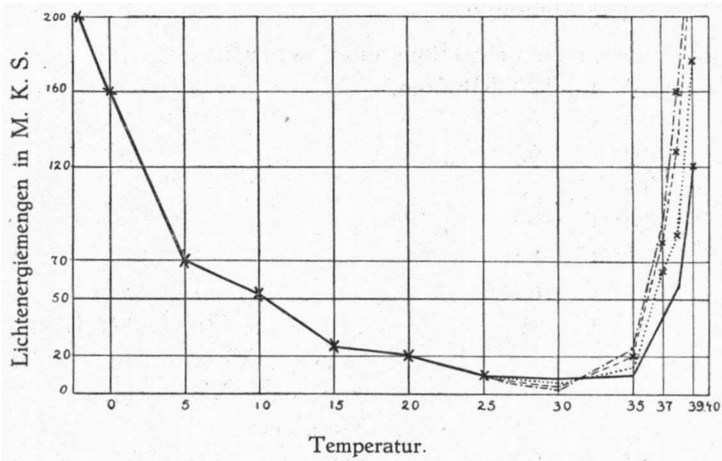


Fig. 4. ———— nach einer Stunde des Vorwärmens.
.... „ 2 Stunden „ „
— — — „ 4 „ „ „
—.—.— „ 6 „ „ „

Die Kurve des Einflusses der Temperatur auf die Perzeption ist eine Optimumkurve.

§ 12. Nachwirkung des Vorwärmens auf die Reaktions- oder Krümmungszeit.

Wie früher gesagt, wurden die Keimlinge nach der Reizung stets bei 20° C. gestellt, die Reaktion musste also immer bei dieser Temperatur stattfinden.

Es war nun aber fraglich, ob nur die Perzeption von der Temperatur beeinflusst wurde, ob nicht auch die Reaktionszeit [1]) diesen Einfluss empfand.

[1]) Mit Reaktions- oder Krümmungszeit wird hier gemeint die Zeit vom Anfang der Reizung an, bis die Krümmung von 1,5 mm. aufgetreten war.

Es wäre möglich gewesen, dass auch die Reaktion die Nachwirkung des Vorwärmens bei der zu untersuchenden Temperatur empfand.

Die gefundene Reaktionszeiten waren:

bei 0° C.	120 Minuten.	
„ 5° C.	90 „	
„ 10° C.	90 „	
„ 15° C.	90 „	
„ 20° C.	90 „	
„ 25° C.	85 „	
„ 30° C.	85 „	
„ 35° C.	90 „	, nach einer Stunde bis 12 St. langem Vorwärmen; nach längerem Vorwärmen 120 Minuten.
„ 37° C.	90 „	; nach längerem Vorwärmen 120 Minuten.
„ 38° C.	100 „	; nach längerem Vorwärmen 120 Minuten.
„ 39° C.	120 „	
„ 40° C.	150 bis 180 Minuten.	

Die Reaktions- oder Krümmungszeit ist also fast konstant, mit Ausnahme von den hohen Temperaturen 39° und 40° und von der Temperatur von 0°.

Es zeigte sich, dass die Temperatur, bei welcher das Vorwärmen statt fand, nur bei 0°, 39° und 40°, und nach sehr langem Aufenthalt bei 35°, 37° und 38° einen merklichen Einfluss auf die Reaktionszeit bei 20° hatte.

Daraus ergibt sich als sehr wahrscheinlicher Schluss aus den oben angegebenen Zahlen für die verschiedenen Energiemengen, welche eine bestimmte Reaktion auslösen, dass die Temperatur nur die Perzeption beeinflusst hat. Dieser Schluss wird von den in

Kap. III beschriebenen Resultaten über den Einfluss der Temperatur auf die Reaktionszeit vollkommen bestätigt.

Zweiter Teil.

§. 13. Das Abklingen des ungünstigen Einflusses des Vorwärmens bei hoher Temperatur auf die Perzeption bei 20° C.

Nachdem gefunden war, dass hohe Temperaturen einen ungünstigen Einfluss auf die Perzeption hatten, musste untersucht werden, ob dieser Einfluss von einer bleibenden Beschädigung der reizempfindlichen Substanz veranlasst wurde, oder ob er von vorübergehender Art war.

Die Keimlinge wurden zu diesem Zweck nach einer Stunde langem Vorwärmen bei 39° und 40° bei 20° gebracht und nach einiger Zeit belichtet, um zu sehen, in wie weit die Perzeption bei 20° von diesem vorangehenden Aufenthalt bei hoher Temperatur beeinflusst war.

Zu diesen Versuchen musste aber eine andere Aufstellung benutzt werden. In einem zweiten Thermostat wurden die Pflanzen bei 20°, nach vorangehendem Vorwärmen bei der hohen Temperatur, gereizt.

Nach einer Stunde langem Vorwärmen bei 39° zeigte es sich, dass die Erde der Gefässe, also gewiss auch die Pflanzen, nach 25 bis 30 Minuten die Temperatur des Thermostats (20°) angenommen hatte. Darum wurden einige Gefässe eine Stunde bei 39° vorgewärmt und, nach einer halben Stunde Aufenthalt bei 20° mit verschiedenen Lichtmengen einseitig gereizt, stets bei dieser selben Temperatur von 20°. Der ungünstige Einfluss des Vorwärmens bei 39° auf die Perzeption bei 20° zeigte sich deutlich, indem die Lichtenergiemenge, welche eine Krümmung von 1,5 mm. verursachte,

nicht wie sonst 20 M, K. S. war, sondern nicht weniger als 90 M. K. S. [1]).

Bei den folgenden Versuchen blieben die Pflanzen, nach einer Stunde langem Vorwärmen bei 39°, der Reihe nach eine Stunde, 1¼ Stunde, 1¾ Stunde, 3 Stunden und 4 Stunden bei 20° bevor sie belichtet wurden. Es zeigte sich, dass je länger die Pflanzen bei 20° blieben, desto kleiner die Lichtenergiemenge, welche benötigt war, die früher genannte Krümmung zu induzieren, bis schliesslich nach 3 Stunden bei 20° die Krümmung von 1,5 mm. von 20 M. K. S., also von der normalen Energiemenge bei 20°, ausgelöst wurde. In dieser Zeit war also der ungünstige Einfluss des Vorwärmens bei 39° auf die Perzeption ganz abgeklungen.

Die folgende Tabelle zeigt das Abklingen des ungünstigen Einflusses des Vorwärmens bei 39° auf die Perzeption bei 20°.

Tabelle I.

Aufenthalt bei 20° nach einer Stunde langem Vorwärmen bei 39°.	Präsentationszeit.	Lichtstärke.	Lichtenergiemenge.
½ Stunde.	180″	0,5 M. K.	90 M. K. S.
¾ „	120″	0,5 M. K.	60 M. K. S.
1 „	100″	0,5 M. K.	50 M. K. S.
1¼ „	80″	0,5 M. K.	40 M. K. S.
1¾ „	60″	0,5 M. K.	30 M. K. S.
3 „	40″	0,5 M. K.	20 M. K. S.
4 „	40″	0,5 M. K.	20 M. K. S.

[1]) Wenn wir schneller abkühlen, indem die Pflanzen eine kurze Zeit in Eis gestellt werden, und dann belichten, ist eine noch grössere Licht-

Eine zweite Reihe von Versuchen bezog sich auf das Abklingen des ungünstigen Einflusses von einem zwei Stunden langen Vorwärmen bei 39°. Auch hier hatte die Erde der Gefässe, nachdem die Pflanzen eine halbe Stunde bei 20° abgekühlt waren, die Temperatur der Umgebung angenommen. Zu diesen Versuchen gehört die folgende Tabelle; der ungünstige Einfluss ist hier nach 6 Stunden abgeklungen.

Tabelle II.

Aufenthalt bei 20° nach zwei Stunden langem Vorwärmen bei 39°.	Präsentationszeit.	Lichtstärke.	Lichtenergiemenge.
½ Stunde.	300″	0,5 M. K.	150 M. K. S.
1 „	200″	0,5 M. K.	100 M. K. S.
2 Stunden.	120″	0,5 M. K.	60 M. K. S.
3 „	90″	0,5 M. K.	45 M. K. S.
4 „	120″	0,25 M. K.	30 M. K. S.
6 „	80″	0,25 M. K.	20 M. K. S.

Dann wurden noch einige Bestimmungen nach einer halben Stunde langem Vorwärmen bei 39° gemacht [1].

menge zur Auslösung der Krümmung nötig. (etwa 105 M. K. S.) In diesem Fall kann man schon nach 10 bis 15 Minuten, statt nach einer halben Stunde, belichten.

[1]) Zuerst wurde die Lichtenergiemenge bestimmt, welche nach einer halben Stunde langem Vorwärmen bei 39° eine Krümmung von 1,5 mm. induziert. Nach einer halben Stunde bei 39° hatte die Erde der Gefässe gerade oder noch nicht ganz die Temperatur der Umgebung angenommen. Der ungünstige Einfluss hatte sich also noch nicht in ganzer Grösse bemerklich gemacht. Die gefundene Lichtmenge war nur 70 M. K. S., während sie nach einer Stunde des Vorwärmens bei 39° 120 M. K. S. war. Nach einer Stunde langem Vorwärmen bei 38° ist sie

Tabelle III zeigt das Abklingen des ungünstigen Einflusses von diesem Vorwärmen auf die Perzeption bei 20°. Nach 2 Stunden hat der ungünstige Einfluss ganz aufgehört.

Tabelle III.

Aufenhalt bei 20° nach einer halben Stunde des Vorwärmens bei 39°.	Präsentationszeit.	Lichtstärke.	Lichtenergiemenge.
½ Stunde.	160″	0,25 M. K.	40 M. K. S.
1½ „	100″	0,25 M. K.	25 M. K. S.
2 Stunden.	80″	0,25 M. K.	20 M. K. S.

Zu den Tabellen I, II und III gehört Figur 5. Die mit 1, 2 und 3 angegebenen Kurven beziehen sich auf das Abklingen des ungünstigen Einflusses eines Vorwärmens von einer halben Stunde (1), einer Stunde (2) und zwei Stunden bei 39°. Als Abszissen sind die Zeiten des Vorwärmens, als Ordinaten die Lichtenergiemengen eingetragen.

Kurve 1. Perzeption bei 20° nach vorangehendem, einer halben Stunde langen, Aufenthalt bei 39°.

Kurve 2. Perzeption bei 20° nach vorangehendem, einer Stunde langen, Aufenthalt bei 39°.

Kurve 3. Perzeption bei 20° nach vorangehendem, zwei Stunden langen, Aufenthalt bei 39°.

schon 56 M. K. S., nach 2 Stunden 84 M. K. S. Hieraus lässt sich folgern, dass nach einer halben Stunde langem Vorwärmen bei 39° der ungünstige Einfluss dieser Temperatur nicht in ganzer Grösse gewirkt hat, war die gefundene Energiemenge doch viel geringer als nach einer Stunde und selbst geringer als nach 2 Stunden langem Vorwärmen bei 38°. Die Lichtenergiemenge nach einer halben Stunde langem Vorwärmen bei 38° (30 M. K. S.) war sogar kleiner als nach einer Stunde bei 37,5° (48 M. K. S.). Hier hat der ungünstige Einflus also auch nicht in ganzer Grösse gewirkt.

Auch die, von einem Vorwärmen bei 40° C. herrührende, Beschädigung zeigte sich, nicht von bleibender Art zu sein.

Nach einem Aufenthalt von einer Stunde bei 40° wurden die Pflanzen in den anderen Thermostat bei 20°

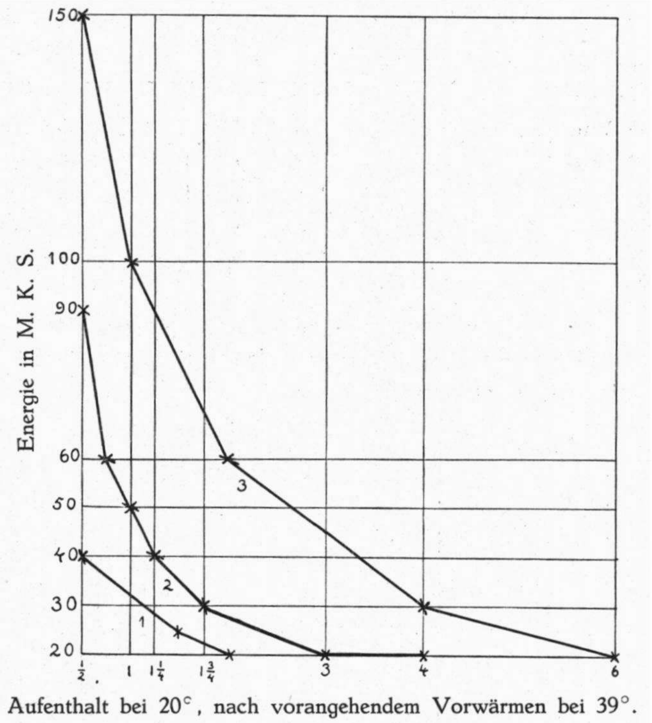


Fig. 5.
Das Abklingen des ungünstigen Einflusses des Vorwärmens bei 39° auf die Perzeption bei 20°.

gebracht und nach 24 Stunden belichtet. Es zeigte sich, dass der ungünstige Einfluss des Vorwärmens bei 40° nach 24 Stunden ganz und gar verschwunden war. Die Lichtenergiemengen, welche nach kürzerem oder längerem Aufenthalt bei 20°,

nach vorangehendem, einer Stunde langen, Vorwärmen bei 40°, eine Krümmung von 1,5 mm. veranlassen, sind in der Tabelle IV zusammengestellt.

Tabelle IV.

Aufenthalt bei 20° nach einer Stunde langem Vorwärmen bei 40°.	Präsentationszeit.	Lichtstärke.	Lichtenergiemenge.
1 Stunde.	300″	4 M. K.	1200 M. K. S.
4 Stunden.	125″	4 M. K.	500 M. K. S.
6 „	90″	4 M. K.	360 M. K. S.
18 „	80″	0,25 M. K.	20 M. K. S.
24 „	80″	0,25 M. K.	20 M. K. S.

Zu der Tabelle gehört Figur 6. Als Abszissen sind die Zeiten des Vorwärmens, als Ordinaten die Lichtenergiemengen eingetragen.

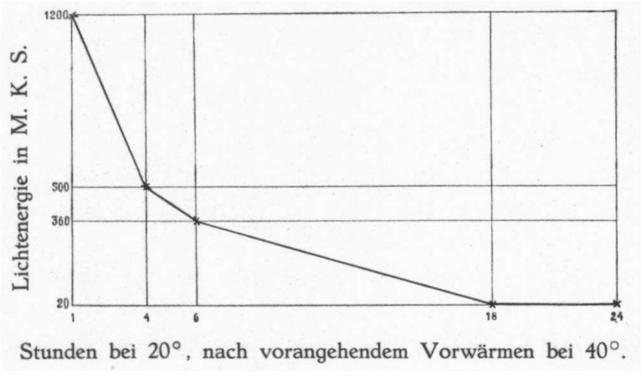


Fig. 6. [1]

Das Abklingen des ungünstigen Einflusses des Vorwärmens bei 40° auf die Perzeption bei 20°.

[1]) In 10 Mal kleinerem Massstab angefertigt wie Fig. 5.

DRITTES KAPITEL.

§ 14. Der Einfluss der Temperatur auf die Reaktions- oder Krümmungszeit.

Bei den, in Kapitel II beschriebenen, Versuchen über den Einfluss der Temperatur auf die Perzeption, ging die Reaktion stets bei 20° C. von Statten. Aus den gefundenen Reaktionszeiten wurde gefolgert, dass die Reaktionszeit, mit Ausnahme der Temperaturen von 0°, 39° und 40°, unabhängig ist von der Temperatur des Vorwärmens, dass also die Temperatur nur die Perzeption beeinflusst hatte. Um darüber ganz gewiss zu sein, wurden jetzt Versuche über den Einfluss der Temperatur auf die Reaktionszeit angestellt. Es wurde zunächst beabsichtigt, die Pflanzen bei 20° C. zu belichten und dann die Reaktion bei verschiedenen Temperaturen auftreten zu lassen. Allein, wenn der Einfluss von hohen Temperaturen, z. B. von 37° C. auf die Reaktion bestimmt werden soll, wird bei dieser Weise von Arbeiten die Reaktion von allen, zwischen 20° und 37° liegenden Temperaturen beeinflusst und man bekommt nicht nur das Bild des Einflusses von 37° auf die Reaktionszeit, sondern ausserdem des Einflusses von allen Temperaturen zwischen 20° und 37°. Das einzige Mittel, diesem Fehler vorzubeugen, war, die Reaktion bei derselben Temperatur wie die Perzeption zu veranlassen.

Die Aufstellung des Apparats war genau so wie bei den in § 10 beschriebenen Versuchen über den Einfluss der Temperatur auf die Perzeption. Die Pflanzen wurden,

nach Vorwärmen bei der zu untersuchenden Temperatur belichtet und im Thermostat stehen belassen; die Reaktion fand also bei derselben Temperatur wie die Perzeption statt.

Das Vorwärmen vor der Reizung war stets mindestens eine Stunde.

Allein, auch diese Weise von Experimentieren hatte ihre Beschwerden, denn bei hohen Temperaturen empfand jetzt die Reaktion den ungünstigen Einfluss eines längeren Aufenthaltes; mit jeder Stunde Aufenthalt bei diesen Temperaturen wurde die Reaktionszeit verlängert; bei 37° war es noch möglich, die Reaktionszeit zu bestimmen, indem der ungünstige Einfluss allmählich geringer wird, bei 38° war die Reaktionszeit nicht mehr zu bestimmen [1]).

Bei jeder zu untersuchenden Temperatur wurde stets mit der in Kapitel II gefundenen Energiemenge gereizt, aber mit einer anderen Lichtstärke; die Präsentationszeit war also auch eine andere. Dieselbe Energiemenge verursachte wieder eine Krümmung von 1.5 mm. der Spitzen der Koleoptilen; in dieser Hinsicht sind diese Versuche also eine Bestätigung der in Kapitel II gefundenen Zahlen.

Die Versuche wurden folgender Weise gemacht: nach einer Stunde langem Vorwärmen wurden die Pflanzen mit der früher gefundenen Lichtenergiemenge gereizt. Fünf Gefässe konnten zu gleicher Zeit belichtet werden. Nach einer bestimmten Zeit, zuerst stets nach 1½ Stunde, wurde ein Gefäss aus dem Thermostat genommen und sodann bei rotem Licht beobachtet, ob eine Krümmung (makroskopisch) auftrat und wie stark diese Krümmung war. Aus der Stärke der Krümmung konnte dann leicht gefolgert werden, ob die Reaktionszeit 1½ Stunde oder länger war. Ergab sich schon nach 1½ Stunde die

[1]) Siehe die Kurven des Einflusses der Temperatur auf die Perzeption bei 37° und 38°.

Krümmung von 1,5 mm., dann musste mit der Möglichkeit einer kürzeren Reaktionszeit gerechnet werden; in einem folgenden Versuch wurde dann nach kürzerer Zeit beobachtet. War die Krümmung von 1,5 mm. nach 1½ Stunde noch nicht da, so wurde jede 5 oder 10 Minuten ein Gefäss aus dem Thermostat genommen und die Stärke der Krümmung beobachtet. Wenn die Reaktionszeit allem Anschein nach sehr lang war, so wurde nach jeder halben Stunde oder jeder Stunde ein Gefäss aus dem Thermostat genommen und beobachtet. Waren die 5 Gefässe alle gebraucht, so wurde ein neuer Versuch gemacht, so lange, bis die Reaktionszeit gefunden war.

Zuerst wurden stets schwache Krümmungen beobachtet; allmählich wurden sie stärker, bis schliesslich die Krümmung von 1,5 mm. auftrat, wonach die Krümmung konstant blieb.

Nachdem die Versuche mit einer Stunde langem Vorwärmen vor der Reizung beendigt waren, wurde nach längerem Aufenthalt bei der zu untersuchenden Temperatur belichtet, um zu entscheiden, ob der günstige oder ungünstige Einfluss des Vorwärmens auf die Perzeption sich auch über die Reaktion ausbreite. Dies war auch wirklich der Fall.

Zwischen 5° und 35° C. wurden die Versuche bei um 5° steigenden Temperaturen, und weiter bei 37° und 38° C. angestellt.

Bei 5° war die Reaktionszeit 5 Stunden; bei 10° 3 Stunden; bei 15° 2 Stunden; bei 20° 1½ Stunde; bei 25° 80 Minuten. Die Reaktionszeit nimmt also, ganz wie die Präsentationszeit, von 5° bis 25° stets ab, aber nicht in gleich grossem Masse.

Von 0° bis 25° blieb die Reaktionszeit nach längerem Vorwärmen konstant.

Bei 30° war der günstige Einfluss von län-

gerem Vorwärmen bemerklich; nach einer Stunde des Vorwärmens war die Reaktionszeit 70 Minuten, nach längerem Vorwärmen eine Stunde; die Reaktionszeit nimmt hier ab, aber nicht so stark wie die Präsentationszeit.

Bei 35° war die Reaktionszeit nach einer Stunde langem Vorwärmen 100 Minuten, nach 6 Stunden langem Vorwärmen 2 Stundem und nach 18 Stunden langem Vorwärmen 2½ Stunde; der ungünstige Einfluss von einem längeren Aufenthalt bei 35° zeigt sich also deutlich.

Nach einer Stunde langem Vorwärmen bei 37° war die Reaktionszeit 6 Stunden, was wohl von dem stark zunehmenden ungünstigen Einfluss dieser Temperatur verursacht wurde. Nach 2 Stunden langem Vorwärmen war die Reaktionszeit 9 Stunden, nach 18 Stunden langem Vorwärmen 12 Stunden, wonach sie sich nicht mehr änderte.

Bei 38° war die Reaktionszeit nicht mehr zu bestimmen, also ∞, was genau übereinstimmt mit dem gefundenen, stets zunehmenden ungünstigen Einfluss dieser Temperatur auf die Perzeption (Fig. 3).

Die bei verschiedenen Temperaturen gefundenen Reaktionszeiten sind in der unterstehenden Tabelle zusammengefasst; zur Vergleichung steht darunter die Tabelle der Reaktionszeiten, welche gefunden wurden, wenn die Perzeption bei verschiedenen Temperaturen und die Reaktion stets bei 20° stattfindet.

Aus den nachkommenden Tabellen geht hervor, dass die Reaktionszeit abhängig ist von der Temperatur. Wenn die Perzeption bei verschiedenen Temperaturen stattfindet und die Reaktion stets bei 20°, ist die Reaktionszeit fast konstant, mit Ausnahme der hohen Temperaturen, nach längerem Vorwärmen. Es ist oberhalb 37° nicht möglich, den Einfluss der Temperatur auf

Tabellen.

Perzeption und Reaktion bei derselben Temperatur.

Temperatur.	Reaktionszeit nach einer Stunde langem Vorwärmen.	R.-Z. nach 2 Stunden langem Vorwärmen.	R.-Z. nach 6 Stunden langem Vorwärmen.	R.-Z. nach 18 Stunden langem Vorwärmen.
5°	300 Min.	300 Min.		
10°	180 „		180 Min.	
15°	120 „		120 „	
20°	90 „	90 „	90 „	90 Min.
25°	80 „		80 „	
30°	70 „	60 „	60 „	60 „
35°	100 „		120 „	150 „
37°	360 „	540 „		720 „
38°	∞			

Perzeption bei verschiedenen Temp., Reaktion bei 20°.

Temperatur.	R.-Z. nach 1 Stunde langem Vorwärmen.	R.-Z. nach 2 Stunden langem Vorwärmen.	R.-Z. nach 6 Stunden langem Vorwärmen.	R.-Z. nach 18 Stunden langem Vorwärmen.
5°	90 Min.	90 Min.	90 Min.	90 Min.
10°	90 „	90 „	90 „	90 „
15°	90 „	90 „	90 „	90 „
20°	90 „	90 „	90 „	90 „
25°	85 „	85 „	85 „	85 „
30°	85 „	85 „	85 „	85 „
35°	90 „	90 „	90 „	120 „
37°	90 „	90 „	90 „	120 „
38°	100 „	100 „	100 „	120 „

die Perzeption und den Einfluss der Temperatur auf die Reaktionszeit ganz von einander zu trennen, wie bei den Temperaturen unterhalb 35°, bei welchen die Reaktionszeit konstant ist.

Die nach einem 18 Stunden langen Vorwärmen ge-

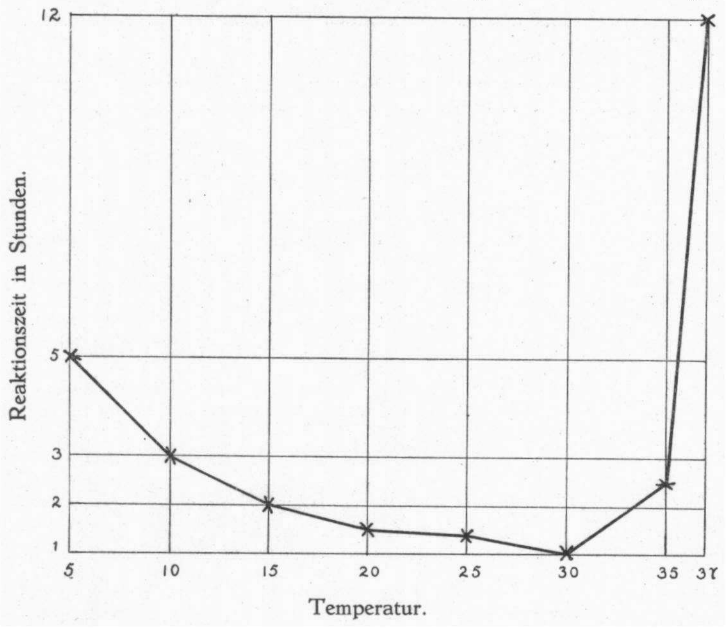


Fig. 7.
Die Reaktionszeit nach einem 18 Stunden langen Vorwärmen als Funktion der Temperatur.

fundenen Reaktionszeiten bei 5° bis 37° sind in Figur 7 graphisch dargestellt [1]). Als Abszissen sind die Tempe-

[1]) In der oberstehenden Tabelle (Perzeption und Reaktion bei derselben Temperatur) findet man zwar nur die Reaktionszeiten nach einem 18 Stunden langen Vorwärmen für 20°, 30°, 35° und 37° angegeben, für die anderen Temperaturen: 5°, 10°, 15° und 25° darf man aber, indem die Reaktionszeiten bei diesen Temperaturen konstant sind, die zu einem kürzeren Aufenthalt als 18 Stunden gehörenden Reaktionszeiten gebrauchen.

turen, als Ordinaten die Reaktionszeiten (in Stunden) eingetragen.

Um die gefundenen Reaktionszeiten bei verschiedenen Temperaturen mit einander vergleichen zu können, war es nötig, die Reaktionszeiten nach mehr als zwölf Stunden langem Vorwärmen zu nehmen, weil dann erst, bei hohen Temperaturen, die Reaktionszeit konstant blieb.

VIERTES KAPITEL.

Besprechung der Resultate.

Die Perzeption.

§ 15. Wie in § 11 gesagt, kann man den Einfluss der Temperatur auf die Perzeption graphisch durch eine Optimumkurve darstellen. Die phototropische Perzeption wird also in gleicher Weise wie die geotropische von der Temperatur beeinflusst [1]).

Das Optimum ist 30° (Fig. 4).

Während aus meinen Versuchen deutlich hervorgeht, dass die phototropische Perzeption in grosser Abhängigkeit von der Temperatur steht, ist Nybergh [2]) der Meinung, die phototropische Präsentationszeit werde nicht messbar von der Temperatur beeinflusst.

Nybergh gründet seine Meinung auf Versuche bei extremen Temperaturen, namentlich bei 40° bis 47,3° C. und bei 0° bis —3° C. Für die phototropische Schwelle bei Zimmertemperatur erhielt er den Wert: 15 M. K. S. Bei 0° und —3° C. reagierten die Pflanzen deutlich bei der phototropischen Schwelle normaler *Avena*-Koleoptilen (also auf eine Lichtmenge von 15 M. K. S.). Auch bei den hohen Temperaturen, 40° bis 47,3° C. fand er, dass die phototropische Perzeptionsfähigkeit ungeschwächt fortdauerte.

[1]) Rutgers; 1912; S. 58.
[2]) Nybergh; 1912.

Nach dem Erscheinen der Arbeit Nybergh's habe ich die Versuche bei extremen Temperaturen noch einmal gemacht, nicht nur mit dem zuvor von mir gebrauchten Handelshafer, sondern auch mit dem von Nybergh benutzten Segerhafer, kam aber zu denselben Resultaten wie früher [1]. Auch der Segerhafer reagierte, genau wie der Handelshafer, oberhalb 40° C. nicht mehr auf die Belichtung [2], obwohl die Keimlinge noch nicht bei 43° C., sondern erst bei 47° C. (nach 2- bis 4-stündigem Aufenthalt) starben.

Bei 0° und —2° C. reagierten die Keimlinge gar nicht bei der phototropischen Schwelle normaler Keimlinge; es waren viel grössere Lichtmengen dazu nötig, Krümmungen der Koleoptilen zu veranlassen.

Die von mir bei extremen Temperaturen mit Segerhafer gemachten Versuche deuten also, ganz wie die mit dem Handelshafer, auf eine starke Abhängigkeit der Perzeption von der Temperatur.

Wie sich die Resultate Nybergh's erklären lassen, kann ich nicht vermuten; ich kann nur mitteilen, dass, wie gesagt, bei der Nachprüfung meine früher erhaltenen Resultate sich auch beim Segerhafer vollkommen bestätigen liessen.

§ 16. Die Regel von van 't Hoff.

Wie beim Geotropismus trifft beim Phototropismus die Regel von van 't Hoff zu und zwar bis zu einer Temperatur von 30° C. Die Lichtmenge in M. K. S.,

---

[1]) Die Resultate dieser Versuche sind in einer kurzen Mitteilung: „Die phototropische Empfindlichkeit des Segerhafers bei extremen Temperaturen" in den Berichten d. deutschen bot Gesellschaft; 1913; Band 31 publiziert.

[2]) Dass die Keimlinge oberhalb 40° C. nicht mehr auf die Belichtung reagieren, stimmt mit der von Fitting gefundenen Hemmung der Reizleitung.

welche bei verschiedenen Temperaturen die bekannte Krümmung der Koleoptilen veranlasst, nimmt bis zum Optimum ab, indem die Perzeption mit grösserer Geschwindigkeit stattfindet. Um die Temperatur-Koëffizienten zu finden, muss man hier also nicht bestimmen, wie die gefundenen Lichtmengen sich verhalten, sondern deren reziproke Werte berechnen, oder, was auf eins heraus kommt: man bestimmt nicht $\frac{K_{20}}{K_{10}}, \frac{K_{30}}{K_{20}}$ u.s.w., sondern $\frac{K_{10}}{K_{20}}, \frac{K_{20}}{K_{30}}$ u.s.w.

Die Temperatur-Koëffizienten sind:

$\frac{K_0}{K_{10}} = 3.$ $\frac{K_{15}}{K_{25}} = 2{,}6.$

$\frac{K_5}{K_{15}} = 2{,}8.$ $\frac{K_{20}}{K_{30}} = 2{,}5.$

$\frac{K_{10}}{K_{20}} = 2{,}6.$ $\frac{K_{25}}{K_{35}} = 0{,}95.$

Bis 30° bleiben die Koëffizienten fast konstant (nur ein geringes Sinken ist zu bemerken), um nachher stark zu sinken, was übereinstimmt mit dem bei anderen Lebensprozessen Gefundenen.

Von 0° bis 30° C. trifft also die Regel von van 't Hoff für die phototropische Perzeption zu. Der durchschnittliche Wert der Koëffizienten ist 2,6. Bei chemischen Reaktionsgeschwindigkeiten liegt der Temperatur-Koëffizient bekanntlich meistens zwischen 2 und 3; ich möchte aber aus den gefundenen Koëffizienten nicht folgern, dass die Perzeption nur mit chemischen Prozessen verknüpft sei. Ebensowenig darf man aus der Meinung Nybergh's, dass die Präsentationszeit nicht messbar von der Temperatur beeinflusst werde, schliessen, die Perzeption sei nur mit photochemischen Prozessen verknüpft (indem bei photochemischen Prozessen der Koëffizient meistens 1 bis 1,4 ist). Ich meine, der Temperatur-Koëffizient

kann uns nichts über die Natur der Perzeption lehren, denn der Reizvorgang besteht wohl aus mehreren Prozessen, welche auf verschiedene Weisen von der Temperatur beeinflusst werden könnten.

§ 17. Optimum und Zeitfaktor.

Wie schon in der Einleitung gesagt, ist nach Blackman das Optimum kein absoluter Wert.

Die Theorie Blackman's, dass nach einer unendlich kurzen Zeit der Beobachtung das Optimum verschwinden werde, ist jetzt nicht mehr zu beweisen [1]; man weiss nicht, nach welcher Kurve man extrapolieren soll, indem die Temperatur-Koëffizienten nicht, wie Blackman annahm, konstant sind.

Obwohl es also nicht möglich ist, für die phototropische Perzeption die Lichtmengen bei hohen Temperaturen nach einer unendlich kurzen Zeit des Vorwärmens durch Extrapolation zu finden, um daraus zu folgern, das Optimum sei nicht primär, sondern secundär, gibt es doch einige Gründe, welche es wahrscheinlich machen, das Optimum sei secundär und entstehe durch den schädlichen Einfluss des Vorwärmens bei hohen Temperaturen.

Dass wirklich die bei hohen Temperaturen gefundenen grossen Lichtmengen von einem ungünstigen Einfluss dieser Temperaturen verursacht werden und dass also das Entstehen des Optimums von einem „limiting factor", dem ungünstigen Einfluss hoher Temperaturen, verursacht wird, während ohne diesen „limiting factor" die Reaktionsgeschwindigkeit stets zunehmen würde, zeigen die in § 13 beschriebenen Versuche über das Abklingen des ungünstigen Einflusses des Vorwärmens bei hoher Temperatur auf die Perzeption bei 20°. Dieser ungünstige Einfluss auf die Perzeption bei 20° wird,

[1] C. P. Cohen Stuart; 1912.

nach längerem Aufenthalt bei dieser Temperatur, allmählich geringer und verschwindet schliesslich ganz. Der vorangehende Aufenthalt bei der hohen Temperatur veranlasst also keine bleibende Beschädigung der reizempfindlichen Substanz; man hat es hier nicht mit einer bleibenden Veränderung eines Teiles der reizempfindlichen Substanz zu tun, sondern mit einem vorübergehenden schädlichen Einfluss. Selbst der ungünstige Einfluss eines Aufenthaltes von einer Stunde bei 40° ist nach 18 Stunden bei 20° ganz überwunden, während, wenn gleich nach dem Vorwärmen bei 40° gereizt wird, eine Lichtmenge von etwa 1600 M. K. S. nötig ist, die bekannte Krümmung zu veranlassen!

Es ergibt sich daraus deutlich, dass die zu hohen Temperaturen gehörenden grossen Lichtmengen von einem ungünstigen Einfluss dieser Temperaturen auf die Perzeption verursacht werden.

Wäre es möglich, so kurz vorzuwärmen, dass dieser schädliche Einfluss nicht zur Geltung käme, dann würde die Reaktionsgeschwindigkeit bei hohen Temperaturen wohl zunehmen und das Optimum würde verschwinden.

Wenn man sich die für höheren Temperaturen gefundenen Kurven (Fig. 2 und 3) ansieht, ergibt es sich, dass der ungünstige Einfluss der höheren Temperaturen im Anfang am Grössten ist; wenn man die Kurven nach der anderen Seite, also für eine kürzere Zeit des Vorwärmens verlängern könnte, würden die Kurven schnell sinken, wie schon die Versuche nach einem $\frac{1}{4}$ Stunde langen Vorwärmen bei 38° und 39° zeigen [1]. Sehr wahrscheinlich würde man in dieser Weise für eine unendlich kurze Zeit des Vorwärmens bei hohen Temperaturen viel geringere Lichtmengen finden, sodass die Reaktionsgeschwin-

[1] Siehe § 13.

digkeit bei hohen Temperaturen zunehmen würde, statt, wie nach längerer Zeit des Vorwärmens, abzunehmen.

§ 18. Meine Resultate, die Regel von van 't Hoff treffe für die phototropische Perzeption bis 30° C. zu und oberhalb 30° nicht mehr, was von dem ungünstigen Einfluss hoher Temperaturen auf die Perzeption verursacht werde, stimmen also ganz mit denen von Kuyper für die Atmung höherer Pflanzen und von Rutgers über die geotropische Präsentationszeit überein.

Der Meinung von Kuyper, Rutgers und mir, dass das Optimum secundär sei, steht die Meinung von Fräulein van Amstel[1]), das Optimum sei primär, gegenüber. Ihrer Meinung nach ist die Kurve für eine unendlich kurze Zeit des Vorwärmens eine Optimumkurve. Der ungünstige Einfluss der hohen Temperaturen soll also auch nach einer unendlich kurzen Zeit der Beobachtung bestehen.

Frl. van Amstel wärmte das Versuchsobjekt, die *Hefe*, während einer bestimmten Zeit (5, 10, 15 und 20 Minuten) bei einer schädlichen Temperatur vor und kühlte dann schnell ab bis eine unschädliche Temperatur erreicht war; die Geschwindigkeit der untersuchten Prozesse wurde bei dieser unschädlichen Temperatur bestimmt. Indem sie das Ergebniss verglich mit dem Ergebniss eines Versuches bei derselben Temperatur, bei welcher die Hefe nicht zuvor unter einer schädlichen Temperatur vorgewärmt war, konnte sie berechnen, welcher Teil der Funktion bleibend von dem schädlichen Einfluss vernichtet wird. Die Kurven, welche, für verschiedene Zeiten des Vorwärmens, das Verhältniss der Temperatur und des Prozents der vernichteten Funktion angeben, nennt sie die „Absterbungskurven". Aus dem Prozent der abgestorbenen Funk-

---

1) J. E. v. Amstel; 1912.

tion bei bestimmten Temperaturen und bestimmten Zeiten des Vorwärmens wird berechnet, wie gross die Geschwindigkeit des Prozesses gewesen sein würde, wenn durch Erhitzung nichts abgestorben wäre. Aus den für verschiedene Zeiten des Vorwärmens gefundenen Werten konnte sie eine theoretische Kurve berechnen, welche ein Optimum hat (also: wenn nichts abgestorben war).

Fräulein van Amstel hat angenommen, die Veränderung, von der hohen Temperatur verursacht, sei bleibender Natur. Sehr wahrscheinlich hat man es hier aber nicht mit einer bleibenden Veränderung zu tun, sondern mit einem vorübergehenden ungünstigen Einfluss, von der hohen Temperatur verursacht, ganz wie bei meinen Versuchen über das Abklingen des ungünstigen Einflusses des Vorwärmens bei 39° und 40° auf die Perzeption bei 20° C. Wenn Frl. van Amstel die Reaktionsgeschwindigkeit (nach dem Abkühlen) bei unschädlicher Temperatur bestimmt, ist dieser ungünstige Einfluss schon während des Abkühlens im Abklingen begriffen. Sie bekommt also nicht die Reaktionsgeschwindigkeit des Prozesses, welche es gleich nach dem Vorwärmen bei der schädlichen Temperatur hatte, aber eine grössere Reaktionsgeschwindigkeit, indem der ungünstige Einfluss schon etwas abgeklungen ist. Um die Reaktionsgeschwindigkeit des Prozesses, gleich nach dem Vorwärmen bei der ungünstigen Temperatur, zu finden, sollte extrapoliert werden, allein man weiss nicht wie weit, indem man nicht weiss, wie weit der ungünstige Einfluss schon abgeklungen ist. Nur aus den durch Extrapolation gefundenen Reaktionsgeschwindigkeiten dürfte, durch Vergleichung mit der Reaktionsgeschwindigkeit bei der unschädlichen Temperatur, berechnet werden, welcher Teil der Funktion von der schädlichen Temperatur gelähmt wäre.

Aus dem Prozent der abgestorbenen Funktion bei bestimmten Temperaturen und bestimmten Zeiten des Vor-

wärmens hat Frl. van Amstel berechnet, wie gross die Geschwindigkeit des Prozesses gewesen sein würde, wenn durch Erhitzung nichts abgestorben wäre. Sie bekam dann eine theoretische Optimumkurve. Indem aber die Veränderung, von dem Vorwärmen bei hoher Temperatur verursacht, abklingt, darf man, meiner Meinung nach, nicht in dieser Weise zu einer theoretischen Optimumkurve schliessen.

§ 19. Der günstige Einfluss längeres Vorwärmens bei 27,5° und 30° C.

Dem ungünstigen Einfluss eines längeren Vorwärmens bei hohen Temperaturen auf die Perzeption, steht der günstige Einfluss eines mehrstündigen Aufenthaltes bei 27,5° un 30° C. gegenüber.

Auch Rutgers fand für eine Temperatur von 30° C. [1]), Kuyper für Temperaturen von 25° und 30° C. [2]) einen günstigen Einfluss des längeren Vorwärmens. Wir haben es hier also bei so ganz verschiedenen Lebensprozessen wie die Atmung und die geotropische und phototropische Perzeption mit derselben Erscheinung zu tun; es wäre sehr wohl möglich, dass der günstige Einfluss von einem längeren Aufenthalt bei Temperaturen in der Nähe von 30° C. auf verschiedene Lebensprozesse eine mehr allgemeine Lebenserscheinung ist.

Die Reaktion.

§ 20. Der Einfluss der Temperatur auf die Reaktionszeit.

Die Reaktion ist, ganz wie die Perzeption, von der Temperatur abhängig.

---

[1]) Rutgers; 1912; S. 56 und 72.
[2]) Kuyper, 1910; S. 170 und 206.

Die für die Reaktionszeiten gefundenen Temperatur-Koëffizienten sind:

$\frac{K_5}{K_{15}} = 2,5.$ $\frac{K_{20}}{K_{30}} = 1,5.$

$\frac{K_{10}}{K_{20}} = 2.$ $\frac{K_{25}}{K_{35}} = 0,8.$

$\frac{K_{15}}{K_{25}} = 1,5.$

Die Koëffizienten sinken, wie bei der Perzeption, aber stärker.

Bei den in Kap. III beschriebenen Versuchen über den Einfluss der Temperatur auf die Reaktionszeit ist stets mit der früher gefundenen, zu einer bestimmten Temperatur und einer bestimmten Zeit des Vorwärmens gehörenden, Lichtmenge gereizt. Vielleicht wird man entgegnen, es wäre besser gewesen, stets mit derselben Lichtmenge und nicht mit der zu der untersuchenden Temperatur gehörenden, zu reizen; allein bei dieser Weise von Arbeiten wurde man nach Reizung mit einer kleinen Lichtmenge bei hohen Temperaturen keine Krümmungen der Koleoptilen bekommen und nach Reizung mit einer grossen Lichtmenge, so, dass bei hohen Temperaturen die Keimlinge reagierten, würden, bei Temperaturen in der Nähe des Optimums, die Krümmungen viel stärker sein als 1,5 mm.

Dass es erlaubt war, mit der früher gefundenen Lichtmenge zu reizen, geht daraus hervor, dass tatsächlich nach Ablauf der Reaktionszeit die Krümmung von 1,5 mm. auftrat.

Genau wie bei der Perzeption fand ich auch hier einen günstigen Einfluss des längeren Vorwärmens auf die Reaktionszeit bei 30°. Bei 35° und 37° war die Reaktionszeit nach mehrstündigem Aufenthalt bei diesen Temperaturen grösser.

Indem die Perzeption und die Reaktion beide, bezüglich der Temperatur, der Regel von van 't Hoff folgen, sind der Anfangsprozess (oder die Reihe von Prozessen, die zusammen den Perzeptionsvorgang bilden) und der Endprozess, die Reaktion, in ähnlicher Weise von der Temperatur abhängig.

§ 21. Zusammenfassung der Resultate.

Für die phototropische Perzeption trifft die Regel von van 't Hoff bis zu einer Temperatur von 30° C. zu. Der durchschnittliche Temperatur-Koëffizient ist 2,6.

Dass oberhalb 30° C. die Reaktionsgeschwindigkeit abnimmt und die Regel von van 't Hoff nicht mehr zutrifft, wird von einem „limiting factor", dem ungünstigen Einfluss der hohen Temperaturen auf die Perzeption verursacht.

Dass dieser ungünstige Einfluss tatsächlich das Abnehmen der Reaktionsgeschwindigkeit verursacht und man es hier nicht mit einer bleibenden Lähmung oder etwas derartiges der reizempfindlichen Substanz zu tun hat, lehren die in § 15 beschriebenen Versuche über das Abklingen des ungünstigen Einflusses eines Vorwärmens bei 39° und 40° C. auf die Perzeption bei 20° C.

Die Theorie von Blackman, das Optimum sei nicht primär, sondern secundär, ist für den Phototropismus nicht durch Extrapolation zu beweisen; allein, die obengenannten Versuche zeigen, dass die bei hohen Temperaturen gefundenen grossen Lichtmengen von einem „limiting factor", dem ungünstigen Einfluss der hohen Temperaturen auf die Perzeption, verursacht werden.

Von 0° bis 25° C. ist die Perzeptionsgeschwindigkeit unabhängig von der Zeit des Vorwärmens.

Bei 27,5° und 30° C. hat längeres Vorwärmen einen günstigen Einfluss auf die Perzeption, d. h. die Lichtmenge,

zur Auslösung derselben Krümmung benötigt, wird nach längerem Vorwärmen geringer.

Bei 32,5° C. und höheren Temperaturen hat längeres Vorwärmen einen ungünstigen Einfluss auf die Perzeption: die gefundene Lichtmenge nimmt bei längerem Aufenthalt bei diesen Temperaturen zu.

Der günstige Einfluss bei 27,5° und 30°, wie der ungünstige Einfluss bei 32,5° und höheren Temperaturen, ist im Anfang am Grössten, um später abzunehmen; schliesslich bleibt die Lichtmenge konstant. Nur bei 38° und 39° C. war es nicht möglich, die Versuche so lange fortzusetzen, bis die Lichtmenge konstant blieb.

Bei 31° C. liegt ein Wendepunkt zwischen den günstigen und den ungünstigen Einfluss des fortgesetzten Vorwärmens, indem bei 31° C. die Lichtmenge konstant bleibt.

Nach einem Aufenthalt von einer Stunde bei 40° C. war die Lichtmenge, welche die bekannte Krümmung veranlasst, fast nicht mehr zu bestimmen, nach längerem Aufenthalt gar nicht mehr.

Genau wie die Perzeption steht auch die Reaktionszeit in grosser Abhängigkeit von der Temperatur. Auch hier trifft bis zu einer Temperatur von 30° C. die Regel von van 't Hoff zu; die Temperatur-Koëffizienten sinken stärker wie die für die Perzeption gefundenen.

Bei 30° C. war hier, genau wie bei der Perzeption, ein günstiger Einfluss von längerem Vorwärmen bemerklich.

Bei 35° und 37° C. hatte längeres Vorwärmen einen ungünstigen Einfluss auf die Reaktion, welcher ungünstige Einfluss bei 38° C. stets zunahm, sodass es nicht möglich war, die Reaktionszeit zu bestimmen.

Am Ende dieser Arbeit möchte ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Went, meinen Dank bringen für das fortwährende Interesse in meiner Arbeit und für die Ratschläge bei der Lösung verschiedener Schwierigkeiten.

Utrecht, Botanisches Institut der Universität, März 1914.

ANHANG. DIE TABELLEN.

Die folgenden Tabellen geben eine Übersicht der zu Kap. II (erster Teil) gehörenden Versuche.

In jeder Tabelle findet man die Bestimmung der Präsentationszeit für eine bestimmte Temperatur und eine bestimmte Zeit des Vorwärmens.

Die verschiedenen Spalten der Tabellen geben der Reihe nach, das Datum der Versuche, die Belichtungszeit, die Zahl der benutzten Pflanzen, die Zahl der 1,5 mm. gekrümmten Pflanzen und der Prozent der 1,5 mm. gekrümmten Pflanzen an. Unter jeder Tabelle sind die gefundene Präsentationszeit, die benutzte Lichtstärke und die Lichtmenge, welche eine Krümmung von 1,5 mm. bei 50 Prozent der Pflanzen veranlasst, angegeben.

Die meisten Tabellen sind stark verkürzt; nur die Zahlen, die sich beziehen auf Versuchen, bei welchen sich 30 bis 70 Proz. der Pflanzen gekrümmt hatten, sind eingetragen.

Tabelle I A.

— 2° C. Reizung nach einer Stunde.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
15 I '13	300″	20	7	35
15 I '13	360″	20	8	40
16 I '13		20	8	
16 I '13	400″	20	10	50
		20	10	
		20	10	
15 I '13	420″	20	11	55
16 I '13		20	11	
16 I '13		20	11	
15 I '13	540″	20	14	70

P. Z.: 400″. L.: 0,5 M. K. E.: 200 M. K. S.

Tabelle I B.

— 2° C. Reizung nach 2 Stunden.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
17 I '13	300″	20	5	25
	360″	20	8	40
	400″	20	10	50
	400″	20	10	
	420″	20	11	55
	480″	20	13	65
	600″	20	17	85

P. Z.: 400″. L.: 0,5 M. K. E.: 200 M. K. S.

Tabelle II A.

0° C. Nach einer Stunde im schmelzenden Schnee.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
3 II '12		20	7	
5 II '12	180″	20	7	37
7 II '12		20	8	
		20	10	
7 II '12	200″	20	10	50
		20	10	
		20	12	
7 II '12	220″	20	12	60
		20	12	
5 II '12	240″	20	12	62,5
7 II '12		20	13	
3 II '12	300″	20	15	72,5
5 II '12		20	14	

P. Z.: 200″. L.: 0,8 M. K. E.: 160 M. K. S.

Tabelle II B.

0° C. Nach einer Stunde im Thermostat mit Eis,

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
27 II '12	120″	20	6	30
	180″	20	8	40
	180″	20	8	
		20	10	
	200″	20	10	50
		20	10	
	220″	20	12	60
		20	12	
	240″	20	13	65
	300″	20	15	75

P. Z.: 200″. L.: 0,8 M. K. E.: 160 M. K. S.

Tabelle II C.

0° C. Nach zwei Stunden bei 0°.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
27 II '12	120″	20	6	30
	180″	20	8	40
	200″	20	10	50
		20	10	
	220″	20	12	60
		20	12	
	240″	20	13	65

P. Z. : 200″. L. : 0,8 M. K. E. : 160 M. K. S.

Tabelle II D.

0° C. Nach 4 Stunden bei 0°.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
6 III '12	120″	20	6	30
	180″	20	8	40
		20	8	
	200″	20	10	50
		20	10	
	220″	20	12	60
	240″	20	14	70

P. Z. : 200″. L. : 0,8 M. K. E. : 160 M. K. S.

Tabelle II E.

0° C. Nach 6 Stunden bei 0°.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
17 III '12	180″	20	6	30
	200″	20	10	50
		20	10	
	240″	20	13	65

P. Z.: 200″. L.: 0,8 M. K. E.: 160 M. K. S.

Tabelle III A.

5° C. Nach einer Stunde bei 5°.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
24 II '12	60″	20	5	25
26 II '12		20	8	
26 II '12	80″	20	9	43
24 II '12		20	9	
24 II '12		20	10	
		20	10	
26 II '12	85″	20	10	50
		20	10	
		20	10	
24 II '12		20	12	
26 II '12	90″	20	11	58
26 II '12		20	12	
24 II '12	110″	20	15	75

P. Z.: 85″. L.: 0,83 M. K. E.: 70,5 M. K. S.

Tabelle III B.

5° C. Nach 2 Stunden bei 5°.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
27 II '12	60″	20	5	25
	80″	20	8	40
		20	8	
	85″	20	10	50
		20	10	
		20	10	
	90″	20	12	60
		20	12	
	110″	20	15	75

P. Z. : 85″. L. : 0,83 M. K. E. : 70,5 M. K. S.

Tabelle III C.

5° C. Nach 4 Stunden bei 5°.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
28 II '12	80″	20	8	40
	85″	20	10	50
		20	10	
		20	10	
	90″	20	12	60

P. Z. : 85″. L. : 0,83 M. K. E. : 70,5 M. K. S.

Tabelle III D.

5° C. Nach 6 Stunden bei 5°.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
28 II '12	80″	20	8	40
	85″	20	10	50
		20	10	
	90″	20	12	60

P. Z.: 85″. L.: 0,83 M. K. E.: 70,5 M. K. S.

Tabelle IV A.

10° C. Nach einer Stunde bei 10°.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
19 II '12	40″	20	6	30
20 II '12		20	8	
20 II '12	55″	20	8	40
21 II '12		20	8	
22 II '12	58″	20	9	45
19 II '12		20	10	
20 II '12	60″	20	10	50
21 II '12		20	10	
22 II '12		20	10	
19 II '12	62″	20	11	55
19 II '12		20	13	
20 II '12	65″	20	13	65
21 II '12		20	13	

P. Z.: 60″. L.: 0,875 M. K. E.: 52,5 M. K. S.

Tabelle IV B.

10° C. Nach 2 Stunden bei 10°.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
	50″	20	7	35
		20	10	
29 II '12	60″	16	8	50
		20	10	
	65″	20	12	60
	70″	20	14	70

P. Z.: 60″. L.: 0,875 M. K. E.: 52,5 M. K. S.

Tabelle IV C.

10° C. Nach 4 Stunden bei 10°.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
	50″	20	8	40
29 II '12	60″	20	10	50
	60″	20	10	
	70″	20	15	65

P. Z.: 60″. L.: 0,875 M. K. E.: 52,5 M. K. S.

Tabelle IV D.

10° C. Nach 6 Stunden bei 10°.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
	50″	20	8	40
29 II '12	60″	20	10	50
		20	10	
	70″	20	13	65

P. Z.: 60″. L.: 0,875 M. K. E.: 52,5 M. K. S.

Tabelle V A.

15° C. Nach einer Stunde bei 15°.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen
31 I '12	26″	20	8	40
1 II '12		20	8	
2 II '12		20	8	
31 I '12	27″	20	9	45
1 II '12		20	9	
2 II '12		20	9	
31 I '12	28″	20	10	50
2 II '12		20	11	
2 II '12		20	10	
16 II '12		20	9	
31 I '12	29″	20	11	55
16 II '12		20	11	
16 II '12		20	11	
30 I '12	35″	20	16	80

P. Z.: 28″. L.: 0,875 M. K. E.: 24,5 M. K. S.

Tabelle V B.

15° C. Nach 2 Stunden bei 15°.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen
16 II '12	28″	20	10	50
		20	10	
		20	10	

P. Z.: 28″. L.: 0,875 M. K. E.: 24,5 M. K. S.

Tabelle V C.

15° C. Nach 4 Stunden bei 15°.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
17 II '12.	26″	20	9	45
		20	9	
	28″	20	10	50
		18	9	
		20	10	
	30″	20	11	55
		20	11	

P. Z.: 28″. L.: 0,875 M. K. E.: 24,5 M. K. S.

Tabelle V D.

15° C. Nach 6 Stunden bei 15°.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
17 II '12	26″	20	9	45
	28″	20	10	50
	30″	20	11	55

P. Z.: 28″. L.: 0,875 M. K. E.: 24,5 M. K. S.

Tabelle V E.

15° C. Nach 18 Stunden bei 15°.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz, gekr. Pflanzen.
16 II '12	25″	20	7	35
	28″	20	10	50
		20	10	
	30″	20	12	60

P. Z.: 28″. L.: 0,875 M. K. E.: 24,5 M. K. S.

Tabelle V F.

15° C. Nach 48 Stunden bei 15°.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
		20	10	
19 II '12	28″	20	10	50
		20	10	

P. Z. : 28″. L. : 0,875 M. K. E. : 24,5 M. K. S.

Tabelle VI A.

20° C. Nach einer Stunde bei 20°.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
13 X '11	18″	20	8	40
		20	8	
14 X '11	19″	16	8	45
		20	8	
16 X '11		24	12	
28 X '11	20″	20	10	50
28 X '11		20	10	
28 X '11		20	10	
		20	12	
17 X '11	21″	20	11	58
		20	12	
18 X '11	22″	20	13	62
		24	14	

P. Z. : 20″. L. : 1 M. K. E. : 20 M. K. S.

Tabelle VI B.

20° C. Nach 2 Stunden bei 20°.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
19 X '11	18″	20	8	42
		16	7	
19 X '11	19″	16	8	47
		20	9	
		20	9	
18 X '11	20″	20	10	50
18 X '11		20	10	
28 X '11		20	10	
28 X '11		20	10	
19 X '11	25″	22	15	68

P. Z.: 20″. L.: 1 M. K. E: 20 M. K. S.

Tabelle VI C.

20° C. Nach 4 Stunden bei 20°.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
29 XI '11	20″	20	10	50
		20	10	
		20	10	
		20	10	

P. Z.: 20″. L.: 1 M. K. E.: 20 M. K. S.

Tabelle VI D.

20° C. Nach 6 Stunden bei 20°.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
29 XI '11	20″	20	10	50
		20	10	
		20	10	

P. Z.: 20″. L.: 1 M. K. E.: 20 M. K. S.

Tabelle VI E.

20° C. Nach 18 Stunden bei 20°.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
30 XI '11	20″	20	10	50
		20	10	
		20	10	

P. Z.: 20″. L.: 1 M. K. E: 20 M. K. S.

Tabelle VII A.

25° C. Nach einer Stunde langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
12 XII '11	6″	20	6	30
12 XII '11	8″	20	8	40
		25	10	
1 XII '11	9″	20	10	48
1 XII '11		18	8	
2 XII '11		16	8	
2 XII '11		20	10	
7 XII '11		20	10	
9 XII '11		20	9	
30 XI '11	10″	20	11	52
1 XII '11		20	10	
8 XII '11		25	14	
8 XII '11		20	14	
8 XII '11	11″	20	12	57
2 XII '11		18	10	
7 XII '11		18	10	
30 XI '11	15″	15	10	67

P. Z. : 9,5″. L. : 1 M. K. E. : 9,5 M. K. S.

Tabelle VII B.

25° C. Nach 2 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen
9 XII '11	9″	20	9	45
		20	9	
	10″	20	11	55
		20	11	

P. Z. : 9.5″. L. : 1 M. K. E. : 9,5 M. K. S.

Tabelle VII C.

25° C. Nach 4 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
11 XII '11	9″	20	9	45
		20	9	
	10″	20	11	55
		20	11	

P. Z.: 9,5″. L.: 1 M. K. E.: 9,5 M. K. S.

Tabelle VII D.

25° C. Nach 6 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
11 XII '11	9″	20	9	45
		20	9	
	10″	20	11	55
		20	11	

P. Z.: 9,5″. L.: 1 M. K. E.: 9,5 M. K. S.

Tabelle VII E.

25° C. Nach 18 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
8 XII '11	9″	20	9	45
		20	9	
7 XII '11	10″	20	10	55
		20	11	
		20	12	
		20	10	
8 XII '11	11″	20	12	60

P. Z.: 9,5″. L.: 1 M. K. E.: 9,5 M. K. S.

Tabelle VIII A.

27,5° C. Nach einer Stunde langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
9 III '12	5″	20	4	20
8 III '12	9″	25	10	40
9 III '12	11″	20	9	45
		20	9	
9 III '12	12″	20	11	55
11 III '12		18	9	
11 III '12		20	12	
8 III '12	20″	20	15	75

P. Z.: 11,5″. L.: 0,8 M. K. E.: 9,2 M. K. S.

Tabelle VIII B.

27,5° C. Nach 2 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
12 III '12	7″	20	8	40
13 III '12		20	8	
11 III '12	8″	20	9	45
12 III '12	9″	20	10	50
12 III '12		20	10	
13 III '12		16	8	
13 III '12		20	10	
13 III '12		20	10	
11 III '12	11″	16	10	58
12 III '12		20	12	
13 III '12		20	11	
13 III '12		20	11	
13 III '12	20″	20	16	80

P. Z.: 9″. L.: 0,8 M. K. E.: 7,2 M. K. S.

Tabelle VIII C.

27,5° C. Nach 4 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
14 III '12	5″	20	8	40
		20	8	
	7″	20	10	50
		18	9	
		20	10	
	9″	20	12	57,5
		20	11	

P. Z.: 7″. L.: 0,8 M. K. E.: 5,6 M. K. S.

Tabelle VIII D.

27,5° C. Nach 6 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
16 III '12	3″	20	6	30
	5″	20	9	43
16 III '12		20	8	
		20	9	
15 III '12	6″	20	10	50
16 III '12		20	10	
16 III '12		20	10	
15 III '12	9″	20	12	60
15 III '12	15″	20	14	70

P. Z.: 6″. L.: 0,8 M. K. E.: 4,8 M. K. S.

Tabelle VIII E.

27,5° C. Nach 12 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
15 III '12	3″	20	8	40
		20	8	
	5″	20	10	50
		20	10	
	7″	20	11	55
		20	11	
	9″	20	12	60

P. Z.; 5″. L.: 0,8 M. K. E.: 4 M. K. S.

Tabelle VIII F.

27,5° C. Nach 18 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
2 IV '12	3″	20	8	40
3 IV '12		20	8	
2 IV '12	5″	20	10	50
3 IV '12		20	10	
3 IV '12		20	10	
2 IV '12	7″	20	11	55
3 IV '12		20	11	
2 IV '12	9″	20	12	60

P. Z.: 5″. L.: 0,8 M. K. E.: 4 M. K. S.

Tabelle IX A.

30° C. Nach einer Stunde langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
18 XII '12	5″	20	6	30
18 XII '12	6″	20	8	40
21 XII '12		20	8	
20 XII '11	7″	20	9	45
21 XII '11		20	9	
21 XII '11	8″	20	10	50
22 XII '11		20	10	
16 XII '11		20	10	
18 XII '11	9″	20	11	55
18 XII '11	15″	20	15	75

P. Z.: 8″ L.: 1 M. K. E.: 8 M. K. S.

Tabelle IX B.

30° C. Nach 2 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
16 I '12	4″	20	8	40
17 I '12		20	8	
16 I '12	5″	20	9	45
17 I '12		20	9	
16 I '12	6″	20	11	50
17 I '12		20	10	
17 I '12		20	10	
19 I '12		20	9	
16 I '12	7″	20	11	55
18 I '12		20	11	
16 I '12	8″	20	13	65

P. Z.: 6″. L.: 1 M. K. E.: 6 M. K. S.

Tabelle IX C.

30° C. Nach 4 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
17 I '12	2″	20	7	35
17 I '12	3″	20	8	40
		20	8	
17 I '12	4″	20	10	50
19 I '12		20	10	
19 I '12		20	9	
21 I '12		20	10	
21 I '12		20	11	
17 I '12	5″	20	11	55
19 I '12		20	11	
21 I '12		20	11	
17 I '12	6″	20	12	60
17 I '12	7″	20	13	65

P. Z.: 4″. L.: 1 M. K. E.: 4 M. K. S.

Tabelle IX D.

30° C. Nach 6 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
20 I '12	1″	20	7	35
19 I '12	2″	20	8	40
20 I '12		20	8	
19 I '12	3″	20	10	50
20 I '12		20	10	
20 I '12		20	10	
19 I '12	4″	20	11	55
20 I '12		20	11	
20 I '12		20	11	
19 I '12	5″	20	12	60
19 I '12	6″	20	13	65

P. Z.: 3″. L.: 1 M. K. E.: 3 M. K. S.

Tabelle IX E.

30° C. Nach 12 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
23 I '12	1″	20	9	42
		20	8	
		20	8	
	2″	20	10	50
		20	10	
		20	10	
	3″	20	11	57.5
		20	12	

P. Z.: 2″. L.: 1 M. K. E.: 2 M. K. S.

Tabelle IX F.

30° C. Nach 24 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
25 I '12	1″	20	9	40
		20	8	
		20	7	
	2″	20	10	50
		20	10	
		20	10	
		20	10	
	3″	20	11	57
		20	11	
		20	12	

P. Z.: 2″. L.: 1 M. K. E.: 2 M. K. S.

Tabelle IX G.

30° C. Nach 48 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
26 I '12	1″	20	8	40
	2″	20	10	50
		20	10	
		20	10	
	3″	20	11	55

P. Z. : 2″. L. : 1 M. K. E. : 2 M. K. S.

Tabelle X A.

31° C. Nach einer Stunde langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
29 III '12	6″	20	7	35
29 III '12	8″	20	8	40
29 III '12	10″	20	10	50
29 III '12		20	10	
30 III '12		20	10	
30 III '12	12″	20	11	55
		20	11	
30 III '12	15″	20	13	65

P. Z. : 10″. L. : 0,8 M. K. E. : 8 M. K. S.

Tabelle X B.

31° C. Nach 2 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
25 III '12	6″	20	7	35
	8″	20	8	40
		20	8	
	10″	20	10	50
		20	10	
		20	10	
	12″	20	11	55
		20	11	
	15″	20	13	65

P. Z.: 10″. L.: 0,8 M. K. E.: 8 M. K. S.

Tabelle X C.

31° C. Nach 4 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
28 III '12	8″	20	8	42,5
		20	9	
27 III '12	10″	20	10	50
28 III '12		20	10	
28 III '12		20	10	
27 III '12	12″	20	11	55
28 III '12		20	11	
27 III '12	15″	20	13	65

P. Z.: 10″. L.: 0,8 M. K. E.: 8 M. K. S,

Tabelle X D.

31° C. Nach 6 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
29 III '12	6″	20	8	40
	8″	20	9	45
	10″	20	10	50
		20	10	
	12″	20	11	55
	15″	20	13	65

P. Z.: 10″. L.: 0,8 M. K. E.: 8 M. K. S.

Tabelle X E.

31° C. Nach 18 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
28 III '12	8″	20	9	45
	10″	20	10	50
		20	10	
	12″	20	11	55

P. Z.: 10″. L.: 0,8 M. K. E.: 8 M. K. S.

Tabelle XI A.

3 2,5° C. Nach einer Stunde langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
16 III '12	7″	20	6	30
16 III '12	10″	20	8	40
16 III '12	11″	20	9	45
18 III '12		20	9	
16 III '12	12″	20	11	55
18 III '12		20	11	
18 III '12		20	11	
18 III '12	20″	20	13	65

P. Z.: 11,5″. L.: 0,8 M. K. E.: 9,2 M. K. S.

Tabelle XI B.

3 2,5 C. Nach 2 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
18 III '12	9″	20	6	30
19 III '12	12″	20	8	40
19 III '12	13″	20	9	45
		20	9	
18 III '12	15″	20	10	50
19 III '12		20	10	
19 III '12		16	8	
19 III '12		20	10	
19 III '12	17″	20	11	55
		20	11	
19 III '12	30″	20	17	85

P. Z.: 15″. L.: 0,8 M. K. E.: 12 M. K. S.

Tabelle XI C.

32,5° C. Nach 4 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
20 III '12	9″	20	8	40
20 III '12	15″	20	9	45
		20	9	
21 III '12	17″	16	8	50
21 III '12		20	10	
20 III '12		20	10	
20 III '12		20	10	
21 III '12	18″	20	11	55
		20	11	
20 III '12	20″	20	12	60

P. Z.: 17″. L.: 0,8 M. K. E.: 13,6 M. K. S.

Tabelle XI D.

32,5° C. Nach 6 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
25 III '12	12″	20	8	40
25 III '12	15″	20	9	45
25 III '12	18″	20	10	50
23 III '12		20	10	
23 III '12		20	10	
23 III '12	20″	20	11	55
25 III '12		20	11	
25 III '12	25″	20	13	65

P. Z.: 18″. L.: 0,8 M. K. E.: 14,4 M. K. S.

Tabelle XI E.

32,5° C. Nach 18 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
23 III '12	15″	20	9	45
	18″	20	10	50
		20	10	
		20	10	
	20″	20	11	55
		20	11	

P. Z.: 18″, L.: 0,8 M. K. E.: 14,4 M. K. S.

Tabelle XII A.

35° C. Nach einer Stunde langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
21 XI '11	8″	32	11	35
14 XI '11	9″	20	8	42,5
		20	9	
23 X '11	10″	24	14	50
25 X '11		18	9	
11 X '11		18	9	
11 X '11		20	10	
11 X '11		20	10	
21 XI '11	11″	20	11	55
		20	11	
24 X '11	15″	20	13	65

P. Z.: 10″. L.: 1 M. K. E.: 10 M. K. S.

Tabelle XII B.

35° C. Nach 2 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
20 XI '11	13″	20	7	35
20 XI '11	14″	20	9	45
		20	9	
26 X '11		20	10	
20 XI '11	15″	24	12	50
20 XI '11		20	10	
6 XI '11	16″	20	11	55
20 XI '11		20	11	
25 X '11	20″	20	13	65

P. Z.: 15″. L.: 1 M. K. E.: 15 M. K. S.

Tabelle XII C.

35° C. Nach 4 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
15 XI '11	17″	14	6	40
		16	6	
9 XI '11		20	10	
9 XI '11	19″	20	9	45
13 XI '11		20	8	
13 XI '11		20	9	
		20	10	
1 XI '11	20″	14	7	50
		20	10	
		20	10	
		20	12	
10 XI '11	21″	20	12	60
		20	12	

P. Z.: 20″. L.: 1 M. K. E.: 20 M. K. S.

Tabelle XII D.

35° C. Nach 6 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
24 XI '11	20″	20	8	40
		20	8	
24 XI '11	21″	20	9	45
		20	9	
24 XI '11	22″	20	10	50
		20	10	
		14	7	
		20	10	
28 XI '11	23″	20	12	60
		20	12	
		20	12	

P. Z. : 22″. L. : 1 M. K. E. : 22 M. K. S.

Tabelle XII E.

35° C. Nach 12 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen
24 XI '11	24″	20	9	42
		20	8	
		20	8	
23 XI '11	25″	20	10	50
		20	10	
24 XI '11		20	10	
		20	10	
23 XI '11	26″	20	12	60
		20	12	

P. Z. : 25″. L. : 1 M. K. E. : 25 M. K. S.

Tabelle XII F.

35° C. Nach 18 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
20 XI '11	24″	16	7	40,5
		16	6	
25 X '11	25″	15	7	44
		12	5	
27 X '11	26″	25	13	50
14 XI '11		20	10	
14 XI '11		20	10	
14 XI '11	27″	20	11	55
11 XI '11		20	11	
11 XI '11		20	11	
1 XI '11	28″	28	15	60
15 XI '11		18	15	

P. Z.: 26″. L.: 1 M. K. E.: 26 M. K. S.

Tabelle XII G.

35° C. Nach 24 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
17 XI '11	25″	24	10	43
		24	11	
	26″	20	10	50
		16	8	
16 XI '11		20	10	
	27″	14	8	56
16 XI '11		18	10	
16 XI '11	28″	15	10	68
		20	14	

P. Z.: 26″. L.: 1 M. K. E.: 26 M. K. S.

Tabelle XII H.

35° C. Nach 48 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
13 XI '11	26″	12	6	50
		20	10	
		20	10	
		20	10	

P. Z.: 26″. L.: 1 M. K. E.: 26 M. K. S.

Tabelle XIII A.

37° C. Nach einer Stunde langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
29 IV '12	40″	20	8	40
		20	8	
29 IV '12	45″	20	9	45
30 IV '12		20	9	
1 V '12		20	9	
27 IV '12	50″	20	10	50
29 IV '12		16	8	
30 IV '12		20	10	
30 IV '12		20	10	
1 V '12		20	10	
29 IV '12	55″	20	11	55
30 IV '12		20	11	
27 IV '12	60″	20	12	60

P. Z.: 50″. L.: 0,8 M. K. E.: 40 M. K. S.

Tabelle XIII B.

37° C. Nach 2 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
4 V '12	65″	20	7	35
3 V '12		20	9	
4 V '12	70″	20	9	45
4 V '12		20	9	
3 V '12		20	10	
4 V '12	80″	20	10	50
4 V '12		20	10	
4 V '12		20	10	
3 V '12	90″	20	12	60
4 V '12		20	12	

P. Z.: 80″. L.: 0,8 M. K. E.: 64 M. K. S.

Tabelle XIII C.

37° C. Nach 4 Stunden langem Vorwärmen,

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
6 V '12	90″	20	9	45
7 V '12		20	9	
6 V '12		20	10	
7 V '12		20	10	
7 V '12	100″	20	10	50
7 V '12		18	9	
7 V '12		20	10	
6 V '12	110″	20	11	55
7 V '12		20	11	
6 V '12	120″	20	12	60

P. Z.: 100″. L.: 0,8 M. K. E.: 80 M. K. S,

Tabelle XIII D.

37° C. Nach 6 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
8 V '12	100″	20	8	40
10 V '12		20	8	
8 V '12	110″	20	10	50
10 V '12		20	10	
10 V '12		20	10	
10 V '12		20	10	
8 V '12	120″	20	11	55
10 V '12		20	11	
8 V '12	130″	20	13	65

P. Z.: 110″. L.: 0,8 M. K. E.: 88 M. K. S.

Tabelle XIII E.

37° C. Nach 18 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
10 V '12	90″	20	6	30
	100″	20	8	40
	110″	20	9	45
		20	9	
	120″	20	11	55
		20	11	
	130″	20	13	65
	140″	20	14	70

P. Z.: 115″. L.: 0,8 M. K. E.: 92 M. K. S.

Tabelle XIII F.

37° C. Nach 24 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
11 V '12	100″	20	8	40
	115″	20	10	50
		20	10	
		20	10	
	120″	20	11	55
	130″	20	13	65

P. Z.: 115″. L.: 0,8 M. K. E.: 92 M. K. S.

Tabelle XIV A.

37,5° C. Nach einer Stunde langem Vorwärmen,

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
8 VI '12	40″	20	8	40
10 VI '12		20	8	
8 VI '12	50″	20	9	45
8 VI '12	60″	20	10	50
10 VI '12		20	10	
10 VI '12		20	10	
8 VI '12	70″	20	11	55
8 VI '12	80″	20	12	60
10 VI '12		20	12	

P. Z.: 60″. L.: 0,8 M. K. E.: 48 M. K. S.

Tabelle XIV B.

37,5° C. Nach 2 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
11 VI '12	60″	20	7	35
10 VI '12		20	9	
11 VI '12	80″	20	9	45
11 VI '12		20	9	
10 VI '12		20	10	
10 VI '12	90″	20	10	50
11 VI '12		20	10	
11 VI '12		20	10	
10 VI '12		20	11	
11 VI '12	100″	20	12	57
11 VI '12		20	11	
10 VI '12	120″	20	14	70

P. Z.: 90″. L.: 0,8 M. K. E.: 72 M. K. S.

Tabelle XIV C.

37,5° C. Nach 4 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
11 VI '12	80″	20	8	40
11 VI '12	100″	20	9	45
11 VI '12		20	10	
12 VI '12	130″	20	10	50
12 VI '12		20	10	
11 VI '12	140″	20	11	55
12 VI '12	160″	20	12	60

P. Z.: 130″. L.: 0,8 M. K. E.: 104 M. K. S.

Tabelle XIV D.

37,5° C. Nach 6 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
11 VI '12	120″	20	8	40
12 VI '12		20	8	
11 VI '12	150″	20	10	50
12 VI '12		20	10	
12 VI '12		20	10	
11 VI '12	180″	20	12	60
12 VI '12		20	12	

P. Z.: 150″. L.: 0,8 M. K. E.: 120 M. K. S.

Tabelle XIV E.

37,5° C. Nach 18 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
14 VI '12	180″	20	8	40
14 VI '12	200″	20	9	45
13 VI '12		20	9	
14 VI '12	220″	20	10	50
14 VI '12		20	10	
14 VI '12		20	10	
13 VI '12	240″	20	12	60
13 VI '12	250″	20	13	65

P. Z.: 220″. L.: 0,8 M. K. E.: 176 M. K. S.

Tabelle XIV F.

37,5° C. Nach 24 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
13 VI '12	200″	20	8	40
14 VI '12	200″	20	8	40
13 VI '12	220″	20	9	45
13 VI '12	230″	20	10	50
14 VI '12	230″	20	10	50
14 VI '12	230″	20	10	50
14 VI '12	260″	20	12	60
14 VI '12	260″	20	12	60

P. Z.: 230″. L.: 0,8 M. K. E.: 184 M. K. S.

Tabelle XIV G.

37,5 C. Nach 48 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
19 VI '12	200″	20	8	40
19 VI '12	200″	20	8	40
19 VI '12	230″	20	10	50
19 VI '12	230″	20	10	50
19 VI '12	230″	20	10	50
19 VI '12	260″	20	12	60
19 VI '12	260″	20	12	60

P. Z.: 230″. L.: 0,8 M. K. E.: 184 M. K. S.

Tabelle XV A.

38° C. Nach einer Stunde langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
13 V '12	60″	20	8	40
15 V '12		20	8	
15 V '12	65″	20	9	45
15 V '12		20	9	
13 V '12	70″	20	10	50
14 V '12		20	10	
14 V '12		20	10	
15 V '12		20	10	
15 V '12		20	10	
14 V '12	75″	20	11	55
15 V '12		20	11	
13 V '12	80″	20	12	60
14 V '12		20	12	

P. Z. : 70″. L. : 0,8 M. K. E. : 56 M. K. S.

Tabelle XV B.

38° C. Nach zwei Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
17 V '12	90″	20	8	40
20 V '12		20	8	
17 V '12	100″	20	9	45
20 V '12		20	9	
20 V '12		20	9	
17 V '12	110″	20	12	55
17 V '12		20	10	
20 V '12		20	11	
17 V '12	120″	20	12	60

P. Z. : 105″. L. : 0,8 M. K. E. : 84 M. K. S.

Tabelle XV C.

38° C. Nach 4 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
20 V '12	140″	20	8	40
20 V '12	150″	20	9	45
21 V '12		20	9	
21 V '12		20	9	
20 V '12	160″	20	10	50
21 V '12		20	10	
21 V '12		20	10	
20 V '12	180″	20	12	60
21 V '12		20	12	
21 V '12		20	12	

P. Z.: 160″. L.: 0,8 M. K. E.: 128 M. K. S.

Tabelle XV D.

38° C. Nach 6 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
22 V '12	180″	20	9	45
23 V '12		20	9	
22 V '12	200″	20	10	50
23 V '12		20	10	
23 V '12		20	10	
22 V '12	220″	20	11	55
23 V '12		20	11	
23 V '12		20	11	
22 V '12	240″	20	13	65
23 V '12		20	13	

P. Z.: 200″. L.: 0,8 M. K. E.: 160 M. K. S.

Tabelle XV E.

38° C. Nach 18 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
22 V '12	300″	20	8	40
23 V '12	320″	20	9	45
22 V '12	340″	20	10	50
23 V '12		20	10	
23 V '12		20	10	
23 V '12	380″	20	12	60
22 V '12	400″	20	13	65

P. Z. : 340″. L. : 0,8 M. K. E. : 272 M. K. S.

Tabelle XV F.

38° C. Nach 24 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
6 VII '12	350″	20	8	40
21 VI '12	380″	20	9	45
6 VII '12		20	9	
21 VI '12	400″	20	10	50
22 VI '12		20	10	
6 VII '12		20	10	
21 VI '12	420″	20	11	55
22 VI '12		20	11	
6 VII '12		20	11	
6 VII '12	450″	20	12	60

P. Z. : 400″. L. : 0,8 M. K. E. : 320 M. K. S.

Tabelle XVI A.

39° C. Nach einer Stunde langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
15 VI '12	120″	20	8	40
18 VI '12	135″	20	9	45
18 VI '12		20	9	
14 VI '12	150″	20	10	50
15 VI '12		20	10	
15 VI '12		20	10	
17 VI '12		20	10	
17 VI '12		20	10	
18 VI '12	165″	20	11	55
18 VI '12		20	11	
15 VI '12	180″	20	12	60

P. Z.: 150″. L.: 0,8 M. K. E.: 120 M. K. S.

Tabelle XVI B.

39° C. Nach 2 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungszeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
22 VI '12	180″	20	8	40
26 VI '12		20	8	
18 VI '12	200″	20	9	45
22 VI '12		20	9	
18 VI '12	220″	20	10	50
20 VI '12		20	10	
20 VI '12		20	10	
26 VI '12		20	10	
18 VI '12	250″	20	12	60
22 VI '12		20	12	
22 VI '12		20	12	

P. Z.: 220″. L.: 0,8 M. K. E.: 176 M. K. S.

Tabelle XVI C.

39° C. Nach 4 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
28 VI '12	250″	20	8	40
29 VI '12		20	8	
28 VI '12	300″	20	10	50
29 VI '12		20	10	
29 VI '12		20	10	
28 VI '12	350″	20	12	60
29 VI '12		20	12	
29 VI '12		20	12	

P. Z. : 300″. L. : 0,8 M. K. E. : 240 M. K. S.

Tabelle XVI D.

15° C. Nach 6 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
4 VII '12	300″	20	8	40
3 VII '12		20	8	
3 VII '12	350″	20	10	50
4 VII '12		20	10	
4 VII '12		20	10	
3 VII '12	400″	20	12	60
4 VII '12		20	12	

P. Z. : 350″. L. : 0,8 M. K. E. : 280 M. K. S.

Tabelle XVI E.

39° C. Nach 18 Stunden langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
5 VII '12	500″	20	8	40
11 VII '12		20	8	
11 VII '12	600″	20	10	50
5 VII '12		20	10	
5 VII '12	650″	20	11	55
12 VII '12	700″	20	13	65
12 VII '12		20	13	

P. Z.: 500″. L.: 0,8 M. K. E.: 400 M. K. S.

Tabelle XVII.

40° C. Nach einer Stunde langem Vorwärmen.

Datum.	Belichtungs-zeit.	Zahl der Pflanzen.	Zahl der gekr. Pflanzen.	Proz. gekr. Pflanzen.
5 VII '12	1200″	20	6	30
12 VII '12	1800″	20	8	40
12 VII '12	2100″	20	10	50
12 VII '12	2400″	20	13	65
12 VII '12	2700″	20	14	70

P. Z.: 2100″. L.: 0,8 M. K. E.: 1680 M. K. S.

LITERATUR.

J. E. van Amstel, De Temperatuursinvloed op physiologische processen der alcoholgist. Dissertatie; 1912.

W. H. Arisz, On the connection between stimulus and effect in the phototropic curvatures of seedlings of Avena sativa. Proc. Royal Acad. Amsterdam 1911.

A. H. Blaauw, Die Perzeption des Lichtes. Recueil des Trav. Bot. Néerlandais, Vol. V; 1909.

F. F. Blackman, Optima and limiting factors. Annals of Botany. Vol. XIX; 1905.

C. P. Cohen Stuart, A study of temperature-coefficients and van 't Hoff's rule. Proc. Royal Acad. Amsterdam. Vol. XIV; 1912.

H. Fitting, Die Leitung tropistischer Reize in parallelotropen Pflanzenteile. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 44. 1907.

J. Kuyper, Über den Einfluss der Temperatur auf die Atmung der höheren Pflanzen. Recueil des Trav. Botan. Néerlandais Vol. VII; 1910.

K. Noack, Die Bedeutung der schiefen Lichtrichtung für die Helioperzeption parallelotroper Organe. Zeitschr. f. Botanik. Jahrg. VI 1914.

T. Nybergh, Studien über die Einwirkung der Temperatur auf die tropistische Reizbarkeit etiolierter Avena. Keimlinge. Ber. d. d. bot. Gesellsch. Bd. 30; 1912.

O. Richter, Über den Einfluss verunreinigter Luft auf Heliotropismus und Geotropismus. Sitz-ber. d. Kais. Akad. der Wiss., Wien, Math.-naturw. Kl. 1 Abt. Bd. CXV; 1906.

A. A. L. Rutgers, The influence of temperature on the geotropic presentation-time. Recueil des Trav. Botan, Néerlandais. Vol. IX; 1912.

M. S. de Vries, Die phototropische Empfindlichkeit des Segerhafers bei extremen Temperaturen. Ber. d. d. bot. Gesellsch. Bd. 31 1913.